

**ADSORPSI LOGAM KROMIUM (Cr) PADA LIMBAH CAIR  
USAHA SABLON MENGGUNAKAN BIOMASSA DAUN  
ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)**



**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih Gelar Sarjana Sains Kimia

Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Alauddin Makassar

Oleh:

**RAHMADANI**  
**60500113045**

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR**

2018

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Rahmadani  
NIM : 60500113045  
Tempat/Tanggal Lahir : Bontorannu/27 Januari 1996  
Jurusan/Prodi : Kimia  
Alamat : Bontorannu Kel.Bontonompo Kec.Bontonompo  
Judul : Adsorpsi Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair  
Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng  
Gondok (*Eichornia crassipes*)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesabaran bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri. Jika kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan duplikat, tiruan, plagiat atau dibuat oleh orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal demi hukum.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
ALA UDDIN  
M A K A S S A R

Samata-Gowa, Februari 2017

Penyusun,

**Rahmadani**

NIM: 60500113045

## PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Adsorpsi Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)” yang disusun oleh **Rahmadani**, NIM: 60500113045, mahasiswa Jurusan Kimia pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, telah diuji dan dipertahankan dalam sidang munaqasyah yang diselenggarakan pada hari Selasa tanggal 06 Februari 2018 bertepatan dengan 20 Jumadil Awal 1439 H, dinyatakan telah dapat diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia, Jurusan Kimia (dengan beberapa perbaikan).

Samata-Gowa, 06 Februari 2018 M  
20 Jumadil Awal 1439 H

### DEWAN PENGUJI

Ketua : Prof.Dr.H.Arifuddin, M.Ag  
Sekretaris : Dr. Rismawaty Sikanna, S.Si., M.Si  
Munaqisy I : Dra. Sitti Chadijah, M.Si  
Munaqisy II : Dr. Aan Parhani, Lc., M.Ag  
Pembimbing I : H. Asri Saleh, S.T., M.Si  
Pembimbing II : Kurnia Ramadani, S.Si., M.Pd

(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)

Diketahui oleh:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Alauddin Makassar,



**Prof. Dr. Arifuddin, M.Ag**  
NIP. 19691205 199303 1 001

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah swt. atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Adsorpsi Logam Kromium (Cr) pada limbah Cair Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)”**, meskipun masih jauh dari kata sempurna. Tak lupa pula *shalawat* dan salam kepada junjungan Rasulullah saw yang telah menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia. Skripsi ini termasuk dalam salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak luput dari hambatan dan tantangan. Namun, semua dapat teratasi dengan Ridho Allah swt. dan beberapa orang yang terlibat ataupun berperan secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada orang tua tercinta, Ibunda Saodah dan Ayahanda Saharuddin yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan berupa nasehat dan materi yang bersifat membangun serta mendidik penulis dari lahir hingga sekarang ini.

Penulis juga tak lupa menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Musafir Pababbari, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
2. Bapak Prof. Dr. Arifuddin, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

3. Ibu Sjamsiah S.Si., M.Si., Ph.D, selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
4. Ibu Aisyah S.Si., M.Si, selaku sekretaris Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
5. Bapak H.Asri Saleh, ST., M.Si selaku pembimbing I dan Ibu Kurnia Ramadani, S.Si., M.Pd selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu, memberikan arahan termasuk pikiran dan solusi terhadap masalah dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Dra. Sitti Chadijah, M.Si, selaku penguji I yang membantu memberikan saran dan kritikan yang mendukung dalam melengkapi kekurangan-kekurangan skripsi ini.
7. Bapak Dr. H. Aan Parhani, Lc., M.Ag, selaku penguji agama yang memberikan saran dan arahan dalam melengkapi isi skripsi ini yang berkaitan dengan keagamaan.
8. Segenap dosen dan staf Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, terutama dosen yang telah memberikan banyak ilmu di bangku kuliah, serta staf jurusan yang membantu dalam hal akademisi.
9. Para laboran Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Kak Awaluddin Ip, S.Si.,M.Si., Kak Ahmad Yani, S.Si., Kak Fitri Azis, S.Si., S.Pd., Kak Ismawanti, S.Si., Kak Nuraini, S.Si., dan terkhusus untuk Kak Andi Nurahma, S.Si yang sangat banyak membantu dan memberikan solusi terhadap masalah-masalah dalam penelitian serta membantu secara tenaga dan materi.
10. Kak Fibi selaku Laboran Kimia Analitik FMIPA UNHAS yang banyak membantu dalam penelitian.

11. Kak Muhammad Taha, S.Pd.I atas dukungan dan motivasi serta bantuannya dalam banyak hal, baik berupa sumbangsi waktu, tenaga, materi selama proses penelitian hingga penyelesaian skripsi.
12. Senior angkatan 2010-2012, adik-adik kimia angkatan 2014-2017 atas dukungan, sumbangsi pikiran dan solusi permasalahan dalam proses penelitian.
13. Teman-teman seperjuangan Kimia Angkatan 2013 yang banyak memberi dukungan, terkhusus partner penelitian nantinya Regina dan Falatehan Usman yang saling membangun dalam melengkapi dalam penyusunan skripsi ini.
14. Teman-teman dan kakak-kakak UKM Pramuka, Racana Almaida yang telah memberikan dukungan moril, motivasi dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis merasa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan maka penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang dapat memberikan motivasi ke depannya agar lebih baik. Semoga skripsi ini dapat menjadi referensi untuk orang yang berkepentingan. Demikianlah skripsi ini penulis paparkan, semoga bermanfaat. Aamiin Ya Rabbal Aalamiin.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
ALA UDDIN  
MAKASSAR

Samata-Gowa, Februari 2018

Rahmadani

## DAFTAR ISI

<b>JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>ii</b>
<b>PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1-7</b>
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Penelitian.....	7
C. Tujuan Masalah.....	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8-37</b>
A. Eceng Gondok ( <i>Eichornia crassipes</i> ).....	8
B. Biomassa Eceng Gondok.....	11
C. Limbah Cair Usaha Sablon.....	17
D. Logam Berat Kromium (Cr).....	21
E. Adsorpsi.....	28
F. Isoterm Adsorpsi.....	32

G. <i>Atomic Absorption Spektrophotometer</i> .....	35
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>38</b>
A. Waktu Dan Tempat.....	38
B. Alat Dan Bahan.....	38
C. Prosedur Penelitian.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>43</b>
A. Hasil Penelitian.....	43
B. Pembahasan.....	45
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>58</b>
A. Kesimpulan.....	58
B. Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Eceng Gondok ( <i>Eichornia crassipes</i> ).....	8
Gambar 2.2. Struktur Umum Protein.....	13
Gambar 2.3. Struktur Asam Amino.....	13
Gambar 2.4. Struktur Umum Selulosa.....	15
Gambar 2.5. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir.....	33
Gambar 2.6. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich.....	35
Gambar 4.1. Hubungan antara Waktu Kontak Optimum dengan Efektivitas Penyerapan.....	48
Gambar 4.2. Hubungan antara Berat Biomassa (Adsorben) Optimum dengan Efektivitas Penyerapan.....	51
Gambar 4.3. Mekanisme Gaya Elektrostatis ( <i>Van der Waals</i> ) antara Biomassa dengan Ion Cr(VI).....	53
Gambar 4.4. Perubahan Muatan pada Asam Amino.....	54
Gambar 4.5. Grafik Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir.....	56
Gambar 4.6. Grafik Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich.....	56

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Biomassa Eceng Gondok.....	11
Tabel 2.2. Klasifikasi Limbah Sablon.....	20
Tabel 2.3. Karakteristik Adsorpsi Fisik dan Kimia.....	32
Tabel 4.1. Adsorptivitas Biomassa Daun Eceng Gondok terhadap Logam Krom (Cr) pada Variasi Waktu Kontak.....	43
Tabel 4.2. Adsorptivitas Biomassa Daun Eceng Gondok terhadap Logam Krom (Cr) pada Variasi Berat Biomassa.....	44
Tabel 4.3. Perhitungan Isoterm Adsorpsi .....	45
Tabel 4.5. Perbandingan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Adsorpsi Logam Kromium pada Limbah Cair Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok.....	62
Lampiran 2. Skema Kerja Penelitian.....	63
Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan.....	70
Lampiran 4. Data Standarisasi.....	72
Lampiran 5. Data Penentuan Kadar Awal Kromium pada Limbah Cair Sablon...	75
Lampiran 6. Data Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	76
Lampiran 7. Data Penentuan Berat Biomassa (Adsorben) Optimum.....	79
Lampiran 8. Data Perhitungan Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich.....	81
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian.....	83

## ABSTRAK

**Nama : Rahmadani**  
**NIM : 60500113045**  
**Judul : Adsorpsi Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Usaha Sablon Menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*)**

---

Logam Kromium (Cr) merupakan salah satu logam yang terdapat pada limbah cair sablon yang mengakibatkan pencemaran lingkungan. salah satu cara penanganannya dengan menggunakan biomassa daun eceng gondok. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu kontak dan berat biomassa optimum biomassa daun eceng gondok dan kapasitas penyerapannya terhadap ion logam Cr (VI) dengan pendekatan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich yang dianalisis menggunakan AAS. Metode yang digunakan adalah dengan menggunakan biomassa daun eceng gondok yang telah diaktivasi menggunakan HCl 0,01 M sebagai adsorben. Waktu kontak yang digunakan dalam penelitian ini adalah 60, 90, 120, 150 dan 150 menit, serta variasi berat biomassa yang digunakan sebanyak 0,5; 1,0; dan 1,5 gram. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa serapan maksimum terjadi pada waktu kontak 150 menit dengan berat biomassa 1,0 gram, dengan kapasitas adsorpsi berdasarkan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir sebesar  $2,9 \times 10^{-5}$  mol/g dan berdasarkan persamaan isoterm Freundlich sebesar 0,9141 mol/g.

**Kata Kunci:** Adsorpsi, Biomassa Daun Eceng Gondok, Kromium (Cr), Limbah Cair Sablon

## ABSTRACT

**Name : Rahmadani**

**NIM : 60500113045**

**Title : Adsorption of Chromium Metals (Cr) on Screen Waste of  
Screen Printing Business Using Biomass Leaf Mump (*Eichornia  
crassipes*)**

---

Chromium metal (Cr) is one of the metals contained in the silk screening waste which causes environmental pollution. One way of handling it by using biomass leaves water hyacinth. This study aims to determine the contact time and biomass weigh of optimum biomass of water hyacinth leaves and is absorption capacity against Cr (VI) metal ions with Langmuir and Freundlich adsorption isotherm approaches analyzed using AAS. The method used is to use a water hyacinth biomass that has been activated using HCl 0.01 M as an adsorbent. The contact times used in this study were 60, 90, 120, 150, 180 min, as well as the variations I the weight of the biomass used by 0.5, 1.0 and 1.5 grams. The results of this study showed that maximum absorption occurred at 150 min contact time with 1.0 grams biomass weight, with adsorption capacity based on Langmuir adsorption isotherm equation of  $2.9 \times 10^{-5}$  mol/g and based on Freundlich adsorption isotherm equation of 0.9141 mol/g.

**Keywords:** Adsorption, Biomass Leaves Water Hyacinth, Chromium (Cr), Liquid  
Waste of Screen Printing

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi saat ini, pembangunan dalam bidang industri pun semakin berkembang pesat. Terbukti dengan bertambah banyaknya sektor-sektor industri yang dapat dijumpai hampir di setiap daerah di Indonesia. Hal ini mengakibatkan beban pencemaran lingkungan semakin berat dengan masuknya limbah industri dari berbagai bahan kimia yang kadang kala sangat berbahaya dan sangat beracun meskipun dalam konsentrasi yang masih rendah. Salah satu sektor industri yang mengalami perkembangan yaitu industri percetakan seperti usaha sablon, meskipun masih dalam skala *home industry*.

Kegiatan usaha ataupun proses penyablonan saat ini masih dilakukan dalam skala yang kecil sampai skala yang sedang (*home industry*) atau yang sering juga disebut industri rumah tangga. Dalam proses produksinya, usaha sablon pada dasarnya menggunakan bahan-bahan kimia dan air yang dapat menghasilkan limbah cair. Namun sampai saat ini, industri rumah tangga belum mendapat pengawasan yang ketat terhadap penanganan limbah cairnya. Sehingga limbah cair yang dihasilkan masih dibuang bebas ke lingkungan terutama selokan dan sungai. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran karena adanya unsur toksik pada limbah tersebut.

Keberadaan bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah cair usaha sablon ini berasal dari proses pewarnaan, proses produksi film dan pelat processor. Bahan pencemar umumnya terdapat pada tinta warna, bahan pelarut, bahan pencair dan bahan pengering. Bahan pencemarnya mengandung bahan kimia yang berbahaya seperti alkohol/aseton dan ester serta logam berat seperti krom, kobalt, mangan dan

timah (Widyaningsih, 2012: 2). Pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah terdapat berbagai macam bentuk. Seperti pencemaran berupa bau, warna, dan bahkan pemutusan mata rantai dari suatu tatanan lingkungan hidup atau penghancuran suatu organisme yang pada akhirnya mengganggu ekosistem lingkungan tersebut. Bahan pencemar ini biasanya berasal dari limbah-limbah yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi yaitu limbah senyawa kimia yang memiliki bahan aktif dan logam-logam berat diakibatkan oleh limbah yang dihasilkan dalam proses industri yang dilakukan oleh manusia dan salah satu logam yang sering terkandung dalam limbah adalah logam krom.

Krom (Cr) merupakan salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah cair usaha sablon. Logam berat krom bersifat persisten, bioakumulatif dan toksik bagi kehidupan organisme. Logam krom (Cr) merupakan logam yang tidak mampu terurai dalam lingkungan sehingga memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Karena sifat kromium yang sangat toksik, kromium dapat menyebabkan keracunan akut yang dapat menghalangi kerja enzim dalam tubuh sehingga mengganggu proses metabolisme dalam tubuh (Widowati dkk, 2008: 17).

Buangan limbah industri yang salah satunya mengandung logam kromium harus dilakukan penanganan terlebih dahulu sebelum dibuang bebas ke lingkungan mengingat banyaknya dampak yang ditimbulkan sehingga limbah tersebut tidak lagi menjadi bahan pencemar.

Allah SWT berfirman dalam Q.S. Al-A'raf/7: 56

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ

مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Terjemahnya:

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik“ (Kementrian Agama RI, 2010: 157).

Ayat ini menjelaskan tentang pelarangan melakukan pengrusakan di bumi. Pengrusakan adalah salah satu bentuk pelampauan batas. Oleh karena itu ayat ini menyatakan *dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi sesudah perbaikannya yang dilakukan oleh Allah dan atau siapapun dan berdoalah* serta beribadahlah kepada-Nya dalam keadaan takut sehingga kamu lebih khusyuk dan lebih terdorong untuk menaati-Nya dan dalam keadaan penuh harapan terhadap anugerah-Nya termasuk pengabulan doa kamu. *Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik.*

Alam raya telah diciptakan Allah swt. dalam keadaan yang sangat harmonis, serasi dan sangat memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik bahkan memerintahkan hamba-hamba-Nya untuk memperbaikinya. Merusak setelah diperbaiki jauh lebih buruk daripada merusaknya sebelum diperbaiki. Karena itu, ayat ini secara tegas menggarisbawahi larangan tersebut (Shihab, 2009, vol.4: 143-146).

Menyadari banyaknya ancaman yang ditimbulkan dari pencemaran logam kromium maka perlu dilakukan penanganan agar keseimbangan tetap terjaga. Penanganan tersebut dapat dilakukan dengan berbagai cara dan upaya salah satunya upaya untuk menurunkan konsentrasi logam tersebut sebelum di buang bebas ke lingkungan.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam dalam limbah cair diantaranya dengan pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi (Al-Ayyubi, 2008: 2). Pengembangan



metode untuk mengurangi logam-logam berat dalam lingkungan lebih difokuskan pada pengembangan yang ramah lingkungan. Salah satu metodenya adalah dengan menggunakan metode adsorpsi. Selain ramah lingkungan, adsorpsi memiliki konsep yang lebih sederhana, efektif dan ekonomis.

Berbagai metode adsorpsi yang dapat digunakan salah satunya metode adsorpsi dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang telah mati sebagai pengikat ion logam melalui adsorpsi permukaan (Gamez., et al., 1999 dalam Al-Ayyubi, 2007: 2).

Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan biomasnya sebagai adsorben adalah tanaman eceng gondok. Eceng gondok merupakan tanaman yang jumlahnya sangat banyak karena pertumbuhannya yang sangat cepat. Namun karena jumlahnya yang sangat banyak, tanaman eceng gondok kerap kali dianggap sebagai gulma dan bahkan dianggap sebagai hama. Selain karena jumlahnya yang memang sangat banyak, eceng gondok juga memiliki kemampuan mengolah limbah, baik limbah yang berupa logam berat maupun limbah yang berupa zat organik ataupun zat anorganik. Eceng gondok sering digunakan sebagai fitoremediasi pencemar air karena kemampuannya dalam mengakumulasi logam berat. Selain itu, tanaman eceng gondok memiliki kandungan protein sebesar 20,97 % dan selulosa (polisakarida) sebesar 29,91% hal ini dibuktikan dengan kandungan N total dalam eceng gondok segar sebesar 0,28 % (Hernowo, 1999 dalam Al-Ayubi, 2007: 3) dimana protein dan polisakarida memegang peranan penting dalam proses biosorpsi logam berat (Suhendrayatna, 2004 dalam Al-Ayyubi, 2007:3)

Allah SWT berfirman dalam Q.S. Al-Syu'ara/26: 7 yang berbunyi :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Terjemahnya :

“Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?” (Kementrian Agama RI, 2010: 367).

Kaum musyrikin enggan percaya terhadap kekusan Allah swt meskipun telah banyak bukti-bukti yang telah mereka lihat. Apakah mereka enggan memerhatikan gugusan bintang di langit dan apakah mereka tidak melihat ke bumi *berapa banyak Kami telah tumbuhkan di sana dari setiap* pasang tumbuhan dengan berbagai macam jenis yang semuanya tumbuh subur dan bermanfaat ?

Kata (إلى) *ilâ/ke* pada firman-Nya di awal ayat *awalam yarâ ilâ al-ardh/ apakah mereka tidak melihat ke bumi*, merupakan kata yang mengandung makna batas akhir. Ia berfungsi memperluas arah pandangan hingga batas akhir. Dengan demikian, ayat ini mengundang manusia untuk mengarahkan pandangan hingga batas akhir kemampuannya memandang sampai mencakup seaentero bumi, dengan aneka tanah dan tumbuhannya dan aneka keajaiban yang terhampar pada tumbuh-tumbuhannya.

Kata (زوج) *zauj* berarti *pasangan*. Pasangan yang dimaksud ayat ini adalah pasangan tumbuh-tumbuhan karena tumbuhan muncul diceala-cela tanah yang terhampar di bumi. Dengan demikian ayat ini mengisyaratkan bahwa tumbuh-tumbuhan pun memiliki pasangan guna pertumbuhan dan perkembangannya. Dan hal ini dapat terlihat kapan saja dan bagi siapa saja yang ingin menggunakan matanya. Oleh karena itu ayat ini dimulai dengan pertanyaan *apakah mereka tidak melihat*.

Pertanyaan yang ditujukan bagi mereka yang tidak mampu memfungsikan matanya untuk melihat bukti yang sangat jelas itu.

Kata (كريم) *kariim* antara lain digunakan untuk menggambarkan segala sesuatu yang baik bagi setiap objek yang disifatinya. Tumbuhan yang baik paling tidak adalah tumbuhan yang subur dan bermanfaat.

Ayat tersebut membuktikan melalui uraiannya, keniscayaan keesaan Allah swt. Karena, aneka tumbuhan yang terdampar dipersada bumi sedemikian banyak dan bermanfaat lagi berbeda-beda jenis, rasa dan warna. Namun, keadaannya konsisten. Semua itu tidak mungkin tercipta dengan sendirinya, pasti ada penciptanya Yang Maha Esa lagi Maha kuasa (Shihab, 2009, vol.9: 187-190).

Allah memberikan penegasan bahwa, segala yang Ia ciptakan tidak ada yang sia-sia, salah satunya seperti tumbuhan eceng gondok tersebut. Meskipun diketahui bahwa tanaman tersebut hanya menjadi limbah bagi sebagian orang tetapi dibalik semua itu, tanaman eceng gondok ternyata dapat dimanfaatkan menjadi sesuatu yang berguna dan bermanfaat bagi manusia.

Penelitian yang dilakukan oleh Al-Ayyubi (2007), diketahui bahwa biomassa tanaman eceng gondok dapat mengadsorbsi logam berat merkuri. Begitupun penelitian yang dilakukan Tangio (2013) yang menjelaskan bahwa biomassa tanaman eceng gondok dapat menyerap logam timbal sebesar 134,87 ppb pada pH 5. Berdasarkan latar belakang di atas maka akan dilakukan penelitian yang berjudul Pemanfaatan Biomasa Daun Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) pada Limbah Cair Usaha Sablon.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi pokok permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah waktu kontak optimum adsorpsi logam kromium (Cr) menggunakan biomassa daun eceng gondok ?
2. Berapakah biomassa optimum daun eceng gondok pada adsorpsi logam kromium (Cr) ?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi logam kromium (Cr) menggunakan biomassa daun eceng gondok ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan waktu kontak optimum adsorpsi logam kromium (Cr) menggunakan biomassa daun eceng gondok.
2. Menentukan biomassa optimum daun eceng gondok pada adsorpsi logam kromium (Cr).
3. Menentukan kapasitas adsorpsi biomassa daun eceng gondok terhadap logam kromium pada limbah cair usaha sablon.

## **D. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan informasi tambahan bagi peneliti lain yang ingin melakukan penelitian lebih lanjut mengenai biomassa eceng gondok terhadap kandungan logam krom.
2. Dapat memberikan informasi tentang pengolahan limbah dengan cara adsorpsi menggunakan biomassa daun eceng gondok.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. *Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)*

Eceng gondok merupakan salah satu tanaman yang hidup diperairan bebas seperti rawa-rawa, danau, sungai, waduk yang memiliki aliran yang tenang. Tanaman eceng gondok akan mengapung, habitatnya memiliki kedalaman air yang cukup dalam dan akan berakar bila tumbuh diperairan yang dangkal (Widyaningsih, 2013: 18).

Eceng gondok termasuk tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembersih perairan dari limbah logam maupun menurunkan tingkat toksisitas yang terdapat dalam limbah dan mempunyai kemampuan menyerap unsur hara, senyawa organik dari air limbah dalam jumlah yang besar (Zaman dan Sutrisno, 2006: 49).



**Gambar 2.1.** Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

#### 1. Taksonomi

Eceng gondok dapat berkembangbiak secara cepat dan banyak. Pertumbuhannya dapat mencapai 1,9% per hari dengan tinggi 0,3-0,5 m (Fikri dkk, 2015: 2). Hal ini dikarenakan potongan-potongan vegetatifnya yang terbawa arus air

akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Selain itu, eceng gondok juga adalah tanaman air yang memiliki respon yang besar terhadap konsentrasi unsur hara yang tinggi meskipun unsur hara dalam air kurang mencukupi (Zaman dan Sutrisno, 2006: 49).

Berikut ini klasifikasi tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) menurut Moenandir (1990) dalam Krystianty (2008: 13) :

Devisi	: <i>Embryophyta</i>
Sub Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Kelas	: <i>Monocotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Ferinoeseae</i>
Famili	: <i>Pontederiaceae</i>
Genus	: <i>Eichhornia</i>
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i> (Mart) Solm.

## 2. Morfologi

Tumbuhan eceng gondok dapat tumbuh dan mencapai ketinggian antara 0,4-0,8 m, daun licin dengan panjang sekitar 7-25 cm. Eceng gondok memiliki akar serabut dan tidak bercabang dan memiliki tudung akar yang mencolok. Akarnya memproduksi akar lateral yang cukup banyak yaitu 70 buah/cm. Akar panjang eceng gondok memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari 10-300 cm. Tumbuhan eceng gondok memiliki helai daun, pengapung, leher daun, ligula, akar, akar rambut dan ujung akar (Widyaningsih, 2012: 18-19).

Selain itu, eceng gondok memiliki tangkai daun yang bersifat mendangkalkan dan membangun spon yang menjadikan eceng gondok mengapung. Eceng gondok memiliki stolon sebagai alat berkembang biak secara vegetatif dan generatif.



Perkembangbiakan secara vegetatif mempengaruhi pembentukan koloni (Moenandir (1990) dalam Rohmawati, 2008:11).

Tumbuhan eceng gondok sering disebut sebagai tumbuhan galma atau hama. Akan tetapi eceng gondok memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cu, Ca, Fe, Mn dan Zn dengan baik. Kemampuan menyerap logam per satuan berat kering eceng gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua. Selain itu, eceng gondok juga mampu menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) partikel suspensi secara biokimiawi meskipun prosesnya berjalan agak lambat (Rahayu dkk, 2014: 15).

Kemampuan eceng gondok sebagai salah satu agen fitoremediasi, disebabkan karena sistem perakarannya memiliki banyak percabangan, akar halus yang dapat berfungsi sebagai menyerap senyawa logam, dan memiliki kemampuan dalam menyerap ion atau kation dari dalam air buangan (Yuliani dkk, 2015: 2).

Kemampuan dan kecepatan penyerapan zat pencemar yang terdapat dalam limbah oleh tanaman eceng gondok dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan kadar zat yang terkandung dalam air limbah, kerapatan eceng gondok, dan waktu tinggal eceng gondok dalam air limbah (Rukmi dkk, 2013: 3)

### **3. Kandungan Kimia**

Komposisi eceng gondok dipengaruhi pada unsur hara tempat tumbuhnya dan sifat daya serap tanaman eceng gondok itu sendiri. Kemampuan menyerap eceng gondok disebabkan pada protoplasma dan banyaknya ruang besar dalam jaringan selnya, adanya kandungan protein, gugus karboksilat dan gugus hidroksil (Tosepu, 2012: 41).

Eceng gondok mengandung protein lebih dari 11,5% dan mengandung selulosa yang lebih besar dari pada non selulosanya seperti lignin, abu, lemak dan zat-zat lain (Tangio, 2013: 501). Eceng gondok memiliki kandungan biomassa selulosa dan hemiselulosa yang cukup tinggi terutama pada bagian daunnya, sedangkan kandungan lignin, protein dan lipid cukup rendah.

Daun eceng gondok memiliki asam amino sebagai senyawa aktif dalam proses adsorpsi, hal ini didukung dengan hasil analisa kimia dari eceng gondok dalam keadaan segar diperoleh bahwa kadar N total 0,28 %, bahan organik 36,59 %, C organik 21,23 %, P total 0,0011 % dan K total 0,016 %.

#### **B. *Biomassa Eceng Gondok***

Biomassa merupakan bahan-bahan yang bersal dari zat-zat organik yang dapat diperbaharui dan berasal dari makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan (Rosyidah, 2008 : 31). Secara umum, biomassa dapat diperoleh dari tumbuhan secara langsung maupun tidak langsung dan dapat dimanfaatkan sebagai energi dalam jumlah yang besar. Biomassa dapat digunakan sebagai makanan, pakan ternak, serta bahan baku produk kehutanan, pupuk dan bahan kimia. Selain itu, biomassa terdiri dari beberapa senyawa makromolekul alami seperti selulosa, lignin dan protein (Tangio, 2013: 501-502)



Berikut ini komposisi biomassa enceng gondok (Fikri dkk, 2015: 2)

**Tabel 2.2.** Komposisi Kimia Biomassa Eceng Gondok

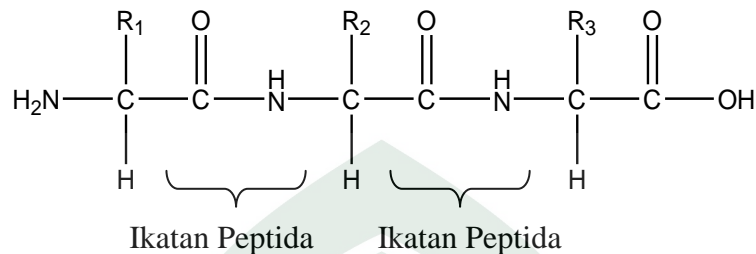
Komposisi (% berat kering)	Daun	Batang	Akar
Selulosa	28,91	28,23	17,07
Hemiselulosa	30,81	26,35	15,25
Lignin	4,59	17,44	14,63
Protein	20,97	6,80	2,60
Lipid	1,79	0,91	0,47
Abu	12,95	20,26	49,97
Nilai Kalori (kJ/g-BK)	14,93	13,52	8,46

### 1. Protein

Protein merupakan senyawa kompleks dengan komposisi rata-rata unsur kimianya adalah karbon (C) (50%), hidrogen (H) (7%), oksigen (O) (23%), nitrogen (N) 16%, belerang (S) (0-3%) dan fosfor (P) (0-3%). Protein memiliki berat molekul yang bervariasi antara 5000 sampai jutaan dan memiliki molekul yang besar (Poedjiadi, 2012: 82).

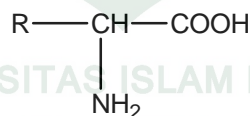
Protein tersusun dari asam amino karboksilat yang terikat oleh suatu ikatan kovalen yang dibentuk oleh ikatan amida sederhana antara gugus amino dengan satu asam amino dengan gugus asam karboksilat yang disebut dengan ikatan peptida yang apabila larut dalam air, gugus karboksil ( $\text{COOH}$ ) akan melepaskan ion  $\text{H}^+$  dan gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) akan menerima ion  $\text{H}^+$  membentuk  $\text{NH}_3^+$  (Poedjiadi, 2012: 85)

Struktur umum protein dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar 2.2.** Struktur Umum Protein (Lehninger, 1982 )

Terdapat 20 jenis asam amino yang terdapat dalam molekul protein yang saling terikat oleh ikatan peptida. Asam amino merupakan asam karboksilat yang mempunyai gugus amino. Asam amino pada komponen protein mempunyai gugus  $-NH_2$  pada atom karbon  $\alpha$  dari posisi gugus  $-COOH$ . Asam amino bersifat amfoter yaitu dapat bermuatan positif dan negatif apabila larut dalam air karena kemampuan gugus karboksilnya dalam menerima dan melepaskan ion  $H^+$  dalam air (Poedjiadi, 2012: 84-85). Berikut ini struktur asam amino:



**Gambar 2.3.** Struktur Asam Amino (Poedjiadi, 2012)

## 2. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan senyawa makromolekul yang banyak terdapat di alam. Karbohidrat terdapat di hampir seluruh makhluk hidup, baik manusia, tumbuhan dan dalam hewan. Terdapat banyak senyawa organik yang ditemukan dalam bentuk karbohidrat, salah satunya adalah selulosa yang berfungsi sebagai kerangka batang dan daun pada tumbuhan (Zahroh, 2008:13).

Senyawa-senyawa yang termasuk karbohidrat memiliki ukuran molekul yang berbeda-beda, dari senyawa yang sederhana dengan berat molekul 90 hingga senyawa yang memiliki berat molekul 500.000 bahkan lebih.

Karbohidrat dapat di bagi dalam tiga golongan yaitu (Poedjiadi, 1998:24-35):

1. Monosakarida

Monosakarida merupakan golongan karbohidrat yang sederhana karena molekulnya hanya terdiri atas beberapa atom karbon saja dan tidak dapat diurai dengan cara hidrolisis menjadi molekul yang lebih kecil, seperti glukosa (dextrose, gula anggur) dan fruktosa (levulose, gula buah-buahan).

2. Oligosakarida

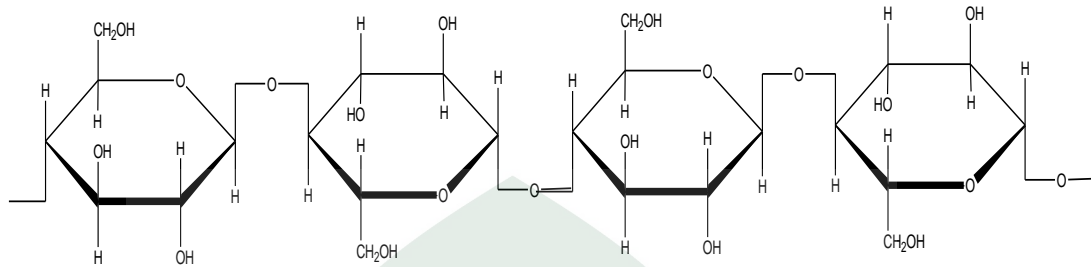
Merupakan karbohidrat yang terurai menjadi 2-6 molekul monosakarida pada proses hidrolisis.

3. Polisakarida

Umumnya, polisakarida memiliki molekul yang lebih besar dan lebih kompleks dibandingkan monosakarida dan poligosakarida. Polisakarida merupakan senyawa berwarna putih dan tidak berbentuk kristal, tidak memiliki rasa manis dan tidak memiliki sifat mereduksi. Beberapa contoh polisakarida yang penting yaitu amilum, glikogen, dekstri dan selulosa.

Selulosa merupakan molekul glukosa yang dapat membentuk rantai panjang tak bercabang seperti pada amilosa. Unit glukosa dalam selulosa dapat terikat melalui ikatan  $\beta$ -1-4 glikosidik (Lehninger, 1982) ikatan glukosa tersebut dikatakan ikatan glikosidik  $\beta$ -1-4 karena konfigurasi glukosa dalam selulosa berbentuk beta.

Berikut ini struktur selulosa:



**Gambar 2.4.** Struktur umum Selulosa (Lehninger, 1982)

Gugus fungsional dari rantai selulosa adalah gugus hidroksil ( $-OH$ ), gugus ini dapat berinteraksi dengan gugus lain yaitu  $-O$ ,  $-N$ , dan  $-S$  membentuk ikatan hidrogen dan ikatan koordinasi. Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan ion  $O$  dari gugus hidroksil ( $-OH$ ) dapat berikatan dengan ion logam yang larut dalam air. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Setiap rantai selulosa diikat bersama-sama dengan ikatan hidrogen (Hawab, 2004 dalam Zahroh, 2008: 17). Kemungkinan adanya gugus fungsional  $-OH$  yang berperan dalam pengikatan ion logam yang terkandung dalam senyawa karbohidrat pada biomassa daun eceng gondok. Beberapa gugus  $-OH$  juga dapat bertindak sebagai atom donor. Dengan demikian, deprotonasi pada gugus  $-OH$  juga dapat berperan dalam pengikatan ion logam (Al Ayubi, 2008).

### 3. Pengikatan Logam oleh Biomassa

Secara umum, terjadi dua mekanisme pengikatan ion logam oleh biomassa yaitu secara aktif dan secara pasif. Pengikatan secara aktif terjadi pada saat tumbuhan masih hidup dan terjadi akumulasi intraselular ion logam tersebut (Krystiyanti, 2008: 14). Dengan kata lain, tumbuhan dapat melakukan lokalisasi logam pada bagian akar dan jaringan (batang dan daun). Meskipun proses lokalisasi juga dipengaruhi oleh

jenis logam itu sendiri. Kemampuan tanaman melokalisasi logam merupakan hal yang sangat penting karena hal ini mempengaruhi proses toleransi dan detoksifikasi tanaman terhadap daya serap racun logam berat. Kemampuan toleransi dan detoksifikasi yang dimiliki oleh biomassa digunakan untuk mengakumulasi sebagian besar logam berat di dalam akar tepatnya pada vakuola dalam struktur sel tanaman. Vakuola merupakan tempat yang aman untuk mengakumulasi logam karena vakuola merupakan daerah yang jauh dari proses metabolisme (Indrasti, 2013: 48).

Pengikatan ion logam secara pasif terjadi karena ion logam diikat oleh dinding sel tumbuhan ketika telah mati (Gamez, 1999 dalam Krystiyanti, 2008: 15). Proses ini terjadi ketika gugus-gugus fungsi seperti karbonil, amino, tiol, hidroksil, fosfat, dan hidroksikarbonil yang berada pada dinding sel mengikat ion logam tersebut. Mekanisme ini bersifat *reversible* dan berlangsung secara cepat (Suhendrayatna, 2001 dalam Krystiyanti, 2008: 15). Biomassa dapat mengadsorpsi ion logam karena kandungan protein dan selulosanya. Pada protein, gugus yang berperan adalah asam amino sedangkan pada selulosa, gugus hidroksilnyalah yang berperan. Kedua gugus tersebut dapat berperan sebagai penukar ion logam berat dan mengadsorpsi logam berat yang terdapat dalam limbah (Ni'mah, 2007). Proses pengikatan ion logam oleh biomassa tidak bergantung pada aktivitas metabolik melainkan pengikatannya berlangsung pada permukaan sel. Pada lapisan permukaan sel biomassa, terdapat situs-situs yang bermuatan dimana muatannya berlawanan dengan logam sehingga terjadi interaksi pasif (Krystiyanti, 2008: 15).

Namun, setiap tanaman memiliki kandungan kimia yang beragam, seperti klorofil, alkaloid, steroid, minyak atsiri, karbohidrat, protein, dan kandungan kimia lain. Komposisi gugus fungsi yang menyusun tiap jenis kandungan kimia tumbuhan

juga berbeda satu dengan yang lain, contohnya senyawa alkaloid yang mempunyai gugus fungsi N-H, -CH Alifatik, C=O, C-N dan N-C=O . Tiap gugus fungsi ini memiliki satu atau lebih atom yang memiliki elektron bebas yang dapat membentuk ikatan dalam bentuk interaksi ionik, interaksi polar, interaksi gabungan, dan mineralisasi antara logam dengan biopolimer (makromolekul) sebagai sumber gugus fungsional, yang berperan penting dalam mengikat ion logam. (Putri, 2014).

### **C. Limbah Cair Usaha Sablon**

Limbah juga dapat diartikan sebagai sampah atau dalam bahasa ilmiahnya disebut polutan. Limbah merupakan hasil sampingan berupa komponen atau materi dari suatu aktivitas dalam bentuk padatan (*solid wastes*), cairan (*liquid wastes*) maupun gas (*gaseous wastes*) yang merupakan hasil buangan suatu proses industri yang memiliki dampak negatif (Widyaningsih, 2012: 7).

Limbah yang dibuang bebas ke lingkungan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat menimbulkan berbagai macam penyakit. Selain dampak negatif yang ditimbulkan bagi manusia, limbah buangan tersebut juga berdampak buruk bagi makhluk hidup lain misalnya merusak tanaman dan peternakan, merusak atau membunuh ekosistem dalam air seperti ikan dan binatang lainnya serta dapat merusak keindahan karena bau busuk yang ditimbulkan (Widyaningsih, 2012: 7).

Limbah dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu limbah rumah tangga, limbah industri dan limbah rembesan. Limbah tersebut mengandung berbagai komponen yang beracun dan membahayakan serta dapat mencemari lingkungan bila tidak diberikan perlakuan khusus sebelum dibuang ke lingkungan (Widyaningsih, 2012: 7).

Limbah industri merupakan limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri. Setiap industri memiliki jenis limbahnya masing-masing tergantung dari jenis dan besar kecilnya industri tersebut. Menurut Sugiharto, air limbah adalah kotoran dari masyarakat, rumah tangga dan yang berasal dari industri (Widyaningsih, 2012: 8).

Limbah dapat dikelompokkan menjadi limbah padat dan limbah cair. Limbah padat merupakan bahan sisa atau bahan buangan yang tidak berguna lagi dalam bentuk padatan seperti kaleng bekas minuman, daun bekas pembungkus, kertas dan lain sebagainya. Sedangkan limbah cair merupakan segala jenis bahan sisa yang berupa cairan atau dalam bentuk larutan seperti air bekas pencucian pemurnian emas yang mengandung unsur-unsur merkuri, busa deterjen, dan lain sebagainya (Palar, 2008: 12).

Salah satu industri yang menghasilkan limbah cair adalah industri sablon. Limbah industri sablon merupakan hasil sampingan dari hasil penyablonan dimana pada prosesnya menggunakan bahan kimia berbahaya.

Usaha sablon merupakan salah satu usaha di bidang percetakan. Meskipun usaha ini masih dalam tingkat usaha menengah atau sering disebut sebagai industri rumahan/ *home industry*, namun perkembangannya semakin pesat seiring dengan perkembangan teknologi dan semakin bertambahnya kebutuhan masyarakat. Meski demikian, dalam prosesnya, penyablonan dilakukan dengan menggunakan berbagai macam bahan kimia untuk mendapatkan hasil yang berkualitas. Proses penyablonan yang menggunakan bahan kimia misalnya pada proses pewarnaan, pengkilatan dan pembersihan.



Menurut Widyaningsih (2013: 9-10), berikut ini tahapan dalam proses penyablonan:

1. Pembuatan desain

Desain ini berupa gambar ataupun teks yang menjadi pola cetak sablon. Dalam pembuatannya, desain dapat dibuat secara manual ataupun digital.

2. Proses *afdruk* film ( *Exposing* )

Proses *afdruk* film adalah proses pemindahan gambar desain ke *screen* dengan menggunakan cahaya ultra violet (UV). Bahan yang dipergunakan adalah larutan emulsi dan *sensitizer* (obat *afdruk*)..

3. Proses Penyablonan

Persiapan dalam proses penyablonan adalah pemasangan *screen* pada media, setelah *screen* terpasang dengan tepat barulah mulai dengan proses pemulasan cat/tinta.

Beberapa sumber-sumber pencemar dalam proses penyablonan antara lain berasal dari:

- a. Sisa *Photoxol* TS (bahan pembuat *afdruk* pada *screen*)

Bahan *afdruk* adalah bahan pokok untuk membuat film (*klise*) pada *screen*. Bahan ini ada yang berupa larutan, ada pula yang berupa lembaran *afdruk*. Larutan *afdruk* merupakan campuran antara emulsi dan cairan *sensitizer* (cairan peka cahaya). Emulsi merupakan cairan yang berfungsi sebagai pelapis *screen*. Cairan kental ini berperan dalam proses pembentukan gambar pada *screen*. *Sensitizer* berperan sebagai bahan pencampur emulsi yang bersifat peka cahaya.



b. Air sisa tinta/cat sablon

Bahan cetak sablon terdiri dari tinta sablon dan pengencer. Tinta sablon sebagai materi pokok pembentuk gambar pada benda sasaran sablon. Pengencer digunakan sebagai campuran tinta agar kekentalannya dapat disesuaikan. Pada dasarnya tinta atau cat memiliki bahan dasar air atau minyak terdiri atas tiga kompoen, yaitu mengandung pelarut berupa tiner, binder yakni resin (*epoxy resin dan urethane resin*) serta pigmen dalam cat yang digunakan dan meningkatkan ketahanan cat. Banyak jenis pigmen yang merupakan bahan berbahaya yaitu Pb-Cr yang digunakan untuk memberikan warna hijau, kuning dan merah.

c. Kaporit

Kaporit atau cairan pemutih pakaian digunakan untuk menghapus film setelah *screen* selesai digunakan. Bahan ini bersifat mudah merapuhkan benda, bersifat korosif. *Screen* yang telah bersih dapat digunakan kembali untuk membuat film atau model gambar lainnya.

d. Krim deterjen

Krim deterjen atau sabun colek sebagai peluruh sisa-sisa tinta dan minyak yang masih tertinggal pada layar *screen* yang dilakukan setelah proses pengafdrukan film (*exposing*) selesai (Guntur Nusantara, 2003:21-24)

Menurut Imam Muthoha (2000: 21) dalam Widyaningsih (2012: 12) limbah sablon di klasifikasikan menjadi limbah padat dan limbah cair.

Berikut ini tabel klasifikasinya:

**Tabel 2.2.** Klasifikasi Limbah Sablon

<b>Limbah Padat</b>	<b>Limbah Cair</b>
Potongan kain perca, bening jahit	Cairan sisa <i>photoxol</i> TS (bahan pembuatan <i>afdruk</i> pada screen)
Plastik OPP	Cairan sisa <i>Rubber</i> (cat sablon)
Kertas label, Kertas hangtag	Cairan sisa pencucian kain tekstil

#### **D. Logam Berat Kromium (Cr)**

Salah satu komponen pencemar yang terdapat pada limbah buangan adalah logam berat. Logam ringan maupun logam berat dalam air umumnya terikat oleh senyawa lain dalam bentuk molekul. Logam ringan atau elemen makro tertentu biasanya esensial dan berguna bagi makhluk hidup. Namun logam berat bersifat non esensial bersenyawa dengan protein menyebabkan toksik (Rahmi, 2015: 13).

Logam berat tidak dapat didegradasi secara biologis, tetapi dapat dialih rupakan atau dipindah tempatkan. Keberadaan logam berat dalam lingkungan akan diserap dan diakumulasikan oleh organisme yang berada pada lingkungan tersebut.

Logam berat merupakan golongan logam yang kriterianya sama dengan logam-logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang ditimbulkan bila berikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme (Rosyidah, 2008: 8). Tidak seperti logam biasa, logam berat dapat memberi efek khusus pada makhluk hidup seperti meracuni makhluk hidup, misalnya logam merkuri, kadmium, timah, dan krom. Logam berat merupakan logam yang memiliki berat jenis lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$

dengan nomor atom antara 22 sampai 92 yang terletak pada periode 4-7 dalam susunan berkala, memiliki afinitas yang tinggi terhadap sulfur (S) dan bersifat toksik terhadap makhluk hidup (Zarkasyi, 2008: 78).

Logam berat dalam kadar yang rendah sudah merupakan racun bagi makhluk hidup. Logam tersebut dapat berbentuk senyawa organik, anorganik ataupun terikat dengan logam lain yang lebih berbahaya. Sifat-sifat logam berat antara lain sulit didegradasi dan mudah terakumulasi dalam sedimen (Susanti, 2009: 8), konduktor yang baik, mudah ditempa dan bersifat toksik pada biologi (Apriliani, 2010: 16).

Logam berat dapat mengganggu kesehatan dan keseimbangan tubuh manusia tergantung bagian mana logam tersebut terikat pada bagian tubuh dan besarnya dosis pemaparan. Efek toksik logam berat dapat menghalangi kerja enzim dalam tubuh sehingga mengganggu proses metabolisme dalam tubuh (Widowati dkk, 2008: 17).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu (Zarkasyi, 2008: 79):

1. Logam berat esensial dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu dibutuhkan bagi makhluk hidup seperti seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co) dan mangan (Mn).
2. Logam berat non esensial dimana keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya dan bahkan dapat bersifat racun seperti antimon (Sb), arsen (As), berilium (Be), Kadmium (Cd), krom (Cr), tembaga (Cu), timbal (Pb), merkuri (Hg). Nikel (Ni), selenium (Se), perak (Ag), talium (Tl) dan seng (Zn).

Beberapa logam lain yang juga cukup berbahaya adalah aluminium (Al), Kromium (Cr) dan beberapa kelompok logam esensial seperti seng dan tembaga (Darmono, 2001: 62).

### 1. Sifat dan Persenyawaan Logam Kromium (Cr)

Kromium merupakan salah satu logam berat dengan nomor atom 51,996 g/mol, memiliki ciri fisik berwarna abu-abu, mengkilap dan keras. Merupakan logam berat yang tahan terhadap oksidasi meskipun pada suhu tinggi dan bersifat paramagnetik (Widowati dkk, 2008: 89).

Logam berat kromium memiliki beberapa bilangan oksidasi yaitu +2, +3 dan +6 dan stabil pada bilangan oksidasi +3. Bilangan oksidasi +4 dan +5 jarang ditemukan pada logam ini. Senyawa kromium dengan bilangan oksidasi +6 merupakan oksidan yang kuat (Widowati dkk, 2008: 89). Berdasarkan dengan tingkat valensi yang dimiliki oleh kromium, persenyawaan kromium memiliki sifat yang berbeda-beda sesuai dengan tingkat ionisasinya. Senyawa yang terbentuk dari ion logam  $\text{Cr}^{2+}$  bersifat basa, persenyawaan ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  bersifat amfoter dan persenyawaan ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  bersifat asam (Palar, 2004 :135).

Krom yang terdapat pada sumber air alam ataupun yang terdapat pada air limbah industri dapat berada dalam bentuk krom (III) dan krom (VI) yang mempunyai sifat berbeda. Krom (III) esensial bagi mamalia untuk metabolisme gula, protein, dan lemak. Senyawanya lebih stabil di air serta sifat racunnya tidak terlalu besar. Berbeda dengan krom (VI) karena bersifat sangat oksidatif (Hariani dkk, 2009: 1).

Kromium secara alamiah terdapat pada batuan, tumbuhan, hewan, tanah dan gas serta debu gunung berapi. Kromium dengan valensi +3 secara alami terjadi di alam, Cr (VI) pada umumnya berasal dari proses perindustrian. Kromium (Cr) yang terdapat di kerak bumi sebagian besar berbentuk Cr (VI) yang bersenyawa dengan besi (Fe) dan oksigen (O) membentuk kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ). Logam Cr murni tidak

pernah ditemukan tetapi sudah berbentuk persenyawaan padat atau mineral dalam bentuk lain. Sebagai bahan mineral, kromium banyak ditemukan dalam bentuk kromit ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ). Kromit dalam bidang tambang dapat diperoleh dengan cara reduksi dan elektrolisis. Pada batuan mineral kromit kadang-kadang ditemukan logam lain seperti Magnesium (Mg), aluminium (Al) dan senyawa silikat ( $\text{SiO}_3$ ). Beberapa mineral lain juga mengandung kromium dalam tanah krom ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), kromitit ( $\text{Fe}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dan krosokit ( $\text{PbCrO}_4$ ) (Widowati dkk, 2008: 90).

Senyawa krom sebagai oksida (+6) merupakan padatan yang berwarna merah, sedangkan garam kaliumnya bila berbentuk dikromat berwarna oranye dan berwarna kuning dalam bentuk kromat (Hariyani dkk, 2009: 2).

## **2. Toksisitas Logam Kromium (Cr)**

Kromium masuk ke dalam perairan melalui dua cara, yaitu cara alamiah dan non alamiah. Secara alamiah biasanya disebabkan oleh erosi bebatuan dan mineral, debu-debu atau partikel kromium yang dibawa oleh air hujan. Sedangkan secara non alamiah biasanya disebabkan oleh aktivitas manusia. Dimana pada prosesnya, dapat berupa limbah, buangan industri sampai buangan rumah tangga. Dalam perairan logam krom mengalami proses kimia yaitu pengompleksan dan sistem reaksi redoks. Sistem reaksi redoks Cr (VI) menjadi Cr (III) akan terjadi bila perairan atau lingkungan bersifat asam. Sementara pada lingkungan yang bersifat basa, Cr (III) akan diendapkan di dasar perairan (Apriliani, 2010: 20-21).

Kontaminasi logam krom dapat terjadi melalui makanan dan minuman yang tertumpuk di ginjal akan mengakibatkan keracunan akut yang akan ditandai dengan kecenderungan terjadinya pembengkakan pada hati dan dalam waktu yang cukup panjang akan mengendap dan menimbulkan kanker paru-paru. Tingkat keracunan

krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urine. Oleh karena itu, krom merupakan logam yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Widyaningsih, 2013: 16).

Karena sifat kromium yang sangat toksik, kromium dapat menyebabkan keracuna akut dan keracunan kronis. Kontaminasi logam krom dapat terjadi melalui makan dan minuman yang pada akhirnya terakumulasi dalam tubuh sehingga memicu sel-sel kanker. Keracunan kronis akibat terpapar logam Cr dapat menyebabkan gangguan alat pernapasan, penurunan fungsi hati, gangguan paru-paru (Apriliani, 2010: 21), anemia, asma, penyakit ginjal lemahnya daya ingat, insomnia dan bahkan kematian (Rizkamala, 2011: 7).

Ion kromium dalam bentuk Cr (III) dan Cr (VI) merupakan bilangan oksidasi logam Cr yang banyak terdapat di lingkungan. Ion kromium dalam bentuk Cr (VI) merupakan ion logam yang sangat beracun meskipun dalam konsentrasi yang relatif rendah. Tingkat toksisitas Cr (VI) sangat tinggi dan bersifat beracun bagi semua organisme untuk konsentrasi lebih dari 0,05 ppm Sedangkan toksisitas Cr (III) adalah sekitar 1/100 kali tingkat toksisitas Cr (VI) sehingga untuk proses pengolahan limbah kromium, Cr (VI) harus diubah terlebih dahulu menjadi Cr (III). Selain karena tingkat toksisitas Cr (III) yang lebih rendah dibandingkan Cr (VI), Cr (III) juga mudah diendapkan dan diadsorpsi oleh senyawa-senyawa organik dan anorganik pada pH netral (Naimah dkk, 2012: 184).

Logam Cr (VI) lebih toksik dibandingkan dengan logam Cr (III), baik paparan akut maupun kronis. Mencerna makanan yang mengandung kromium dapat menyebabkan gangguan pencernaan seperti sakit lambung, muntah dan pendarahan, konvulsi, kerusakan ginjal bahkan kematian. Selain alat pencernaan, efek toksik

kromium juga terjadi pada alat pernapasan bila menghirup udara yang mengandung kromium. Hal ini menyebabkan iritasi pada hidung, napas pendek, batuk-batuk dan kesulitan bernapas. Toksisitas kronis kromium (VI) melalui paparan inhalasi dan oral mengakibatkan gangguan pada hati, ginjal dan sistem imunitas. Selain itu, senyawa Cr juga dapat menyebabkan iritasi pada mata, iritasi kulit dan membran mukosa (Widowati dkk, 2008:104-105).

Selain itu, kromium dalam persenyawaan  $\text{CrO}_4^{2-}$  memiliki struktur kimia yang mirip dengan  $\text{SO}_4^{2-}$  sebagai nutrisi dalam sistem biologi. Hal ini menyebabkan  $\text{CrO}_4^{2-}$  dapat menembus membran sel dan dengan cepat mengalami reduksi (Ohtake dan Silver, 1994). Sementara itu, menurut Kaim dan Schwerderski, (1994) dalam Lasindrang (2014) mengatakan bahwa ion  $\text{CrO}_4^{2-}$  dapat menembus inti sel dan menyerang protein atau DNA yang menyebabkan lepasnya rantai DNA, kesalahan replikasi DNA dan mutase gen pada organisme.

### **3. Kadar Batas Aman Kromium**

Sementara itu, *The Environmental Protection Agency* (EPA) menetapkan batas aman kadar Cr (III) dan Cr (VI) dalam air minum sebesar 100  $\mu\text{g/L}$ . dan konsentrasi Cr (VI) di udara yang aman bagi manusia adalah sebesar 0,000008  $\text{mg/m}^3$ , paparan per oral Cr (VI) sebesar 0,003  $\text{mg/kg/hari}$  aman bagi manusia. Paparan Cr (III) per oral sebesar 1,5  $\text{mg/kg/hari}$  (Widowati dkk, 2008: 107). Batas maksimum krom (VI) yang diperbolehkan dalam air sehat 0,05  $\text{mg/L}$  sedangkan dalam air limbah 0,1  $\text{mg/L}$ .

### **4. Sumber Pencemar Logam Kromium**

Pencemaran logam krom dilingkungan bisa berasal dari perindustrian, terutama senyawa-senyawa kromat dan dikromat yang banyak digunakan dalam



industri tekstil, penyamakan, pencelupan, fotografi, bahan peledak, korek api, zat warna dan lain sebagainya.

Zat warna merupakan salah satu sumber limbah kromium. Pewarnaan dengan zat warna reaktif dalam proses pewarnaan ditambah zat fikasi seperti soda abu, soda kue dan kuastok soda. Contoh zat warna dari persenyawaan krom seperti *Nedlan Blue* (0,0 dihidroksiazo),  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_7$ , dan sebagai penguat seperti  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{PbCrO}_4$  dan  $\text{CrCl}$  (Widyaningsih, 2012: 16).

Menurut Palar (2004: 141), pada formulasi zat warna krom terdapat Pb dalam jumlah yang besar yang dapat mengakibatkan keracunan seperti zat warna MO (*Molibdat Orange*), zat warna MCY (*Medium Chrome Yellow*), zat warna PCY (*Primrose Chrome Yellow*) dan zat warna LCY (*Light Chrome Yellow*).

Paparan Cr berasal dari alam dan dari kegiatan industri. Cat berbahan dasar air atau minyak terdiri atas tiga kompoen, yaitu mengandung pelarut berupa tiner, binder yakni resin (*epoxy resin dan urethane resin*) yang dapat menyebabkan masalah kesehatan yang menimbulkan iritasi hidung, mata, tenggorokan, dan kulit; serta pigmen dalam cat yang digunakan dan meningkatkan ketahanan cat. Banyak jenis pigmen yang merupakan bahan berbahaya yaitu Pb dan Cr yang digunakan untuk memberikan warna hijau, kuning dan merah; yang bisa menyebabkan kerusakan sistem saraf pusat, kanker paru dan iritasi kulit serta gangguan pada hidung dan saluran napas atas (Widowati dkk, 2008: 102).

## **5. Kegunaan Logam Kromium**

Meskipun logam kromium dapat mencemari lingkungan, akan tetapi logam ini juga memiliki beberapa kegunaan, diantaranya sebagai berikut:



1. Bidang metalurgi untuk mencegah korosi, mengkilatkan logam, sebagai bahan komponen alloy. Kromium dalam jumlah kecil digunakan sebagai *water treatment*, katalisator, *magnetic tepes* dll. Dalam bidang kesehatan, kromium digunakan sebagai bahan pembuatan ortopedi, sebagai radio isotop kromium serta sebagai penjinak sel tumor.
2. Sebagai pewarna, pencelup, dan cat.
3. Garam kromium untuk penyamakan kulit
4. Potassium dikromat sebagai chemical reagent untuk mencuci atau pembersih alat laboratorium

Kromium yang berbentuk mineral digunakan dalam pembuatan baja tahan karat, logam campuran tahan panas, baja paduan berkekuatan tinggi, untuk plat elektro tahan aus, sebagai campuran pigmen kimia, serta pada bahan-bahan yang tahan api atau panas (Widowati dkk, 2008: 91).

#### **E. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan suatu proses berpindahnya komponen dari suatu fasa menuju permukaan yang lain atau peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain sehingga terjadi perubahan konsentrasi pada permukaan (Ketaren, 2008). Dalam proses adsorpsi dikenal istilah adsorbat yaitu molekul yang diserap dan adsorben yaitu zat yang menyerap. Adsorben biasanya berbentuk partikel kecil yang aktif menyerap komponen-komponen dari suatu fluida (Zulfa, 2011).

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain (Hassler, 1962; Weber, 1972; Sawyer and Mc Carty, 1983 dalam Zahroh, 2008: 17-18):

1. Sifat Adsorbat

Besarnya adsorpsi zat terlarut tergantung pada kelarutannya pada pelarut. Kenaikan kelarutan menunjukkan ikatan yang kuat antara zat terlarut dengan pelarut. Semakin besar kelarutan adsorbat, maka ikatan antara zat terlarut dan pelarut makin kuat sehingga adsorpsi akan semakin kecil karena sebelum adsorpsi terjadi diperlukan energi yang besar untuk memecahkan ikatan zat terlarut dengan pelarut.

2. Konsentrasi Adsorbat

Adsorpsi akan meningkat dengan kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan konstan jika terjadi kesetimbangan antara konsentrasasi adsorbat yang terserap dengan konsentrasi yang tersisa dalam larutan.

3. Sifat dan Luas permukaan Adsorben

Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

4. Temperatur

Ketika molekul-molekul adsorbat melekat pada permukaan adsorben terjadi pembebasan sejumlah energi (panas). Oleh karena itu, adsorpsi merupakan proses eksotermis sesuai dengan asas La Chatelier pada proses fisika, dengan berkurangnya

temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi begitupun sebaliknya (Zulfa, 2011: 69).

#### 5. Tekanan

Peningkatan tekanan adsorbat pada adsorpsi fisik dapat menaikkan jumlah adsorbat yang teradsorpsi. Sebaliknya, peningkatan tekanan pada adsorpsi kimia justru mengurangi jumlah yang di adsorpsi (Zulfa, 2011: 69).

#### 6. Waktu Kontak dan Pengocokan

Waktu kontak yang cukup diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Keadaan setimbang dalam proses adsorpsi dapat tercapai dalam waktu beberapa menit sampai beberapa jam. Hal ini disebabkan oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Namun, Waktu kontak yang lama mengakibatkan terjadinya peningkatan pada proses adsorpsi pada zat terlarut. Hal ini memungkinkan banyaknya difusi dan molekul-molekul zat terlarut yang menempel pada adsorben sehingga proses adsorpsi berlangsung dengan baik (Hasrianti, 2012: 26) . Jika fasa cair berisi adsorben diam, maka difusi adsorbat melalui permukaan adsorben akan lambat. Oleh karena itu, diperlukan pengocokan untuk mempercepat proses adsorpsi. Difusi pori umumnya mencapai optimum bila kontak sistem terjadi dengan pengocokan kuat.

#### 7. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut, sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

Berdasarkan sifatnya, adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik yaitu adsorpsi yang melibatkan gaya intermolekul (gaya Van der Waals dan ikatan hidrogen) antar adsorbat dan substrat (adsorben) (Atkins, 1999). Gaya Van der Waals timbul dari pergerakan awan elektron dari molekul-molekul atau atom-atom yang berdekatan. Pergerakan ini menimbulkan dipol-dipol yang muatannya berlawanan dalam atom yang menyebabkan adanya tarikan lemah antara atom atau molekul satu sama lain. Pada adsorpsi fisik, adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga dapat bergerak dari satu bagian kebagian lain dalam adsorben. Adsorpsi ini bersifat *reversible* yaitu dapat dilepaskan kembali dengan adanya penurunan konsentrasi larutan dan membentuk lapisan *multilayer* (Rohmawati, 2008). Proses adsorpsi fisik bersifat eksotermis dimana jumlah senyawa yang diadsorpsi bertambah dengan penurunan temperatur (Zulfa, 2011: 64).

Sedangkan adsorpsi kimia yaitu adsorpsi yang melibatkan ikatan kovalen. Ikatan yang terjadi karena pemakaian bersama elektron oleh adsorben dan adsorbat, dimana partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen. Adsorpsi ini bersifat *irreversible* dan membentuk lapisan *monolayer* (Atkins, 1999).

Menurut Zulfa (2011: 64-65) berikut ini ciri-ciri umum yang membedakan adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia:

**Tabel 2.3.** Karakteristik Adsorpsi Fisik dan Kimia

<b>Adsorpsi Fisik</b>	<b>Adsorpsi Kimia</b>
Panas adsorpsi rendah (< 2 atau 3 kali panas laten evaporasi)	Panas adsorpsi tinggi (>2 atau 3 kali panas laten evaporasi), $50 \text{ kJ/mol} < \Delta H < 800 \text{ kJ/mol}$
Tidak sesifik	Sangat spesifik
Monolayer atau Multilayer	Hanya Monolayer
Tidak terdapat disosiasi spesi yang teradsorpsi	Mungkin terjadi disosiasi
Hanya signifikan pada temperatur rendah	Dapat terjadi rentang temperatur yang lebih lebar

#### **F. *Isoterm Adsorpsi***

Isoterm adsorpsi merupakan hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu. Kesetimbangan terjadi apabila jumlah antara adsorbat yang diserap oleh adsorben (pada fasa permukaan) dengan adsorbat yang tersisa dalam larutan relatif tetap terhadap waktu pengocokan. Isoterm adsorpsi digunakan untuk karakterisasi dari persamaan antara jumlah adsorbat yang terakumulasi dalam adsorben dan konsentrasi larutan adsorbat (Herawati dkk, 2009 dalam Fatimus, 2010).

##### **1. Isoterm Adsorpsi Langmuir**

Isoterm adsorpsi diasumsikan sebagai proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan dengan sisi adsorpsi dan energi yang sama dengan satu molekul yang terserap persatuan sisi adsorpsi sampai menutup satu lapis permukaan biomassa.

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir memperkirakan kapasitas adsorpsi maksimum pada seluruh permukaan satu lapis permukaan adsorpsi. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir adalah sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{X_m K C_e}{(1 + K C_e)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:  $Q_e$  = Banyaknya zat yang terserap persatuan berat adsorben (mol/g)

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mol/L)

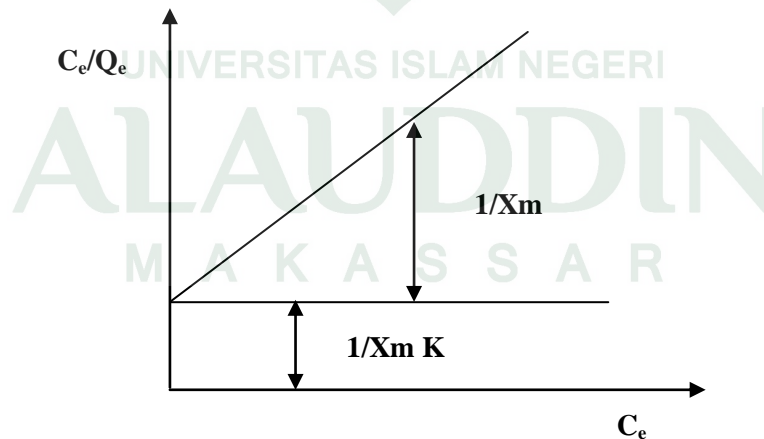
$X_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

$K$  = Konstanta Lagmuir (L/mol)

Persamaan diatas dapat disusun secara linear menjadi:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{X_m K} + \frac{C_e}{X_m} \dots\dots\dots(2.2)$$

Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara  $C_e$  dengan  $C_e/Q_e$  :



**Gambar 2.5.** Grafik Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir (Zahroh, 2008).

## 2. Isoterm Adsorpsi Freundlich

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich merupakan perbandingan zat yang teradsorpsi perberat adsorben dalam konsentrasi larutan. Isoterm adsorpsi Freundlich memiliki beberapa asumsi yaitu adsorben mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda. Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich adalah sebagai berikut:

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:  $Q_e$  = Banyaknya zat yang terserap per satuan berat adsorben (mol/g)

$C_e$  = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mol/L)

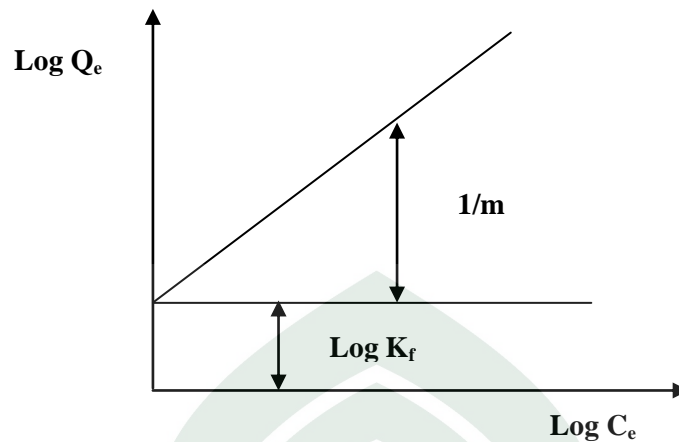
$n$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

$K_f$  = Konstanta Freundlich (L/mol)

Persamaan tersebut dapat diubah kedalam bentuk linear dengan mengambil bentuk logaritmanya:

$$\text{Log } Q_e = \text{log } K_f + \frac{1}{n} \text{log } C_e \dots\dots\dots (2.4)$$

Persamaan isotherm adsorpsi Freundlich dapat diperoleh dengan membuat hubungan antara  $C_e$  dengan  $C_e/Q_e$  :



**Gambar 2.5.** Grafik Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich (Zahroh, 2008).

### 3. Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi ion oleh adsorben merupakan jumlah gugus yang dapat dipertukarkan dalam adsorben. Kapasitas penukaran adsorpsi ion dari suatu adsorben ialah jumlah ion yang dapat ditukar untuk setiap 1 gram adsorben kering atau jumlah ion yang dapat ditukarkan untuk setiap 1 mL adsorben kering. Besarnya nilai kapasitas adsorpsi suatu adsorben tergantung dari jumlah gugus-gugus ion yang dapat ditukarkan yang terkandung dalam setiap gram adsorben tersebut. Semakin besar jumlah gugus-gugus tersebut, semakin besar pula nilai kapasitas adsorpsinya (Underwood, 2002).

#### **G. Atomic Absorption Spectrophotometer(AAS)**

*Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) pertamakali dikembangkan oleh Alan Walsh pada tahun 1955 yang melakukan analisa logam renik dalam suatu sampel. Teknik ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan metode spektroskopi konvensional. Pada metode emisi konvensional, emisi tergantung pada temperatur



sumber eksitasi dan eksitasi terjadi secara serentak pada setiap spesies dalam campuran. Sedangkan dengan nyala eksitasi terjadi pada tingkat energi yang rendah sehingga tidak semua spesies tereksitasi. Perbandingan banyaknya atom yang tereksitasi dengan spesies yang berada pada tingkat energi dasar dapat dimanfaatkan menjadi metode serapan atom (Khopkar, 1990: 287).

Spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah salah satu metode untuk menganalisis dan mendeteksi logam secara kualitatif maupun kuantitatif yang terdapat dalam suatu larutan yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu oleh atom dalam keadaan bebas. Pengukuran dengan metode ini memiliki ketepatan dalam analisis dan tidak memerlukan pemisahan terlebih dahulu karena tiap-tiap logam memiliki lampu katoda khusus. Pada spektro atom-atom dieksitasi dalam discas listrik dari suatu lampu monokroator kemudian atom-atom logam tersebut akan memancarkan radiasi bila kembali ke tingkat elektronik yang lebih rendah. Radiasi tersebut bukan suatu kontinum melainkan frekuensi-frekuensi diskrit yang menyatakan transisi elektron dalam suatu atom logam (Underwood, 2002).

Metode AAS berprinsip pada absorbansi cahaya oleh atom. Penyerapan cahaya oleh atom-atom tersebut terjadi pada panjang gelombang tertentu, tergantung dari sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tertentu mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi. Suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Spektrum atomik untuk masing-masing unsur terdiri atas garis-garis resonansi. Garis garis lain dapat berupa spektrum yang berasosiasi dengan tingkat energi molekul,

biasanya berupa pita-pita lebar ataupun garis yang tidak berasal dari eksitasi tingkat dasar yang disebabkan oleh proses atomisasinya. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat (Khopkar, 1990: 288)



### **BAB III**

#### **METODOLOGI PENELITIAN**

##### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember 2017 di Laboratorium Kimia Fisika, Kimia Analitik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar dan Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Hasanuddin (UNHAS).

##### **B. Alat dan Bahan**

###### **1. Alat**

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), *shaker water bath Thermo Scientific MAXQ 2000*, oven merk Memmert, Kirin dan Sharp, *magnetic stirrer*, pemanas, *hot plate*, neraca analitik merk KERN ABJ, ayakan 120 Mesh, mortar, pipet volume, pipet skala, labu takar, gelas ukur, erlenmeyer, gelas kimia, batang pengaduk, pipet tetes, spatula, botol semprot, bulb, botol plastik, gunting, dan corong.

###### **2. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain akuades *waterone* ( $\text{H}_2\text{O}$ ), aluminium foil, asam klorida ( $\text{HCl}$ ) 0,01 M, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat, kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), kertas pH universal, kertas saring biasa, kertas saring whattman no. 42, limbah cair industri sablon, perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ), tanaman enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dan *tissue*.

### **C. *Prosedur Kerja***

#### **1. Preparasi Sampel**

Melakukan sampling limbah cair sablon secara acak dengan mengambil limbah cair sablon di berbagai tempat penyablonan di sekitar wilayah Kota Makassar dan pengambilan tanaman eceng gondok pada berbagai titik di daerah Pao-Pao Kec. Somba Opu.

#### **2. Pembuatan Biomassa Daun Eceng Gondok**

Tanaman eceng gondok yang diperoleh dipisahkan dari tanaman lain dan dibersihkan. Bagian daun dipisahkan dari batang dan akarnya karena hanya bagian daun yang akan digunakan. Memotong daun eceng gondok dengan ukuran kecil. Daun eceng gondok dikeringkan dengan cara diangin-anginkan selama kurang lebih 3 hari. Kemudian daun eceng gondok dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  sampai kering. Daun eceng gondok yang telah kering kemudian dihaluskan dengan menggunakan *blender* dan kemudian diayak dengan menggunakan ayakan 120 mesh. Kemudian direndam dengan HCl 0,01 M dan di *shaker* selama 1 jam kemudian disaring menggunakan kertas saring biasa. Residunya kemudian direndam kembali dengan menggunakan akuades dan di *shaker* selama 1 jam pada sampai bebas  $\text{Cl}^-$ . Kemudian biomassa disaring dengan menggunakan kertas saring biasa, filtrat yang diperoleh dicek dengan menggunakan reagen perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,1 M sampai tidak terbentuk endapan putih. Residu kemudian di oven kembali pada suhu  $50\text{-}60^{\circ}\text{C}$  sampai kering.

### **3. Penentuan Konsentrasi Ion Logam Berat Kromium (Cr) pada Biomassa Daun Eceng Gondok**

#### **a. Persiapan sampel analisis**

Biomassa daun eceng gondok teraktivasi ditimbang sebanyak 0,5 gram dan didestruksi dengan 10 mL  $\text{HNO}_3$  pekat hingga diperoleh larutan yang jernih. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring whattman no. 42 untuk memisahkan residu dengan filtrat. Selanjutnya menentukan kadar kromium pada filtrat menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang 324,7 nm.

#### **b. Pembuatan larutan induk Cr (VI) 1000 ppm dari $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebanyak 500 mL**

Menimbang padatan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sebanyak 1,4141 gram dan melarutkan menggunakan akuades. Memasukkan ke dalam labu takar 500 mL kemudian menghimpitkan sampai tanda batas kemudian dihomogenkan.

#### **c. Pembuatan larutan baku Cr (VI) 100 ppm dari larutan induk Cr (VI) 1000 ppm sebanyak 250 mL**

Memipet sebanyak 25 mL larutan induk Cr (VI) ke dalam labu takar 250 mL. menambahkan dengan akuades lalu dihomogenkan.

#### **d. Pembuatan larutan baku Cr (VI) 10 ppm dari larutan baku Cr (VI) 100 ppm sebanyak 250 mL**

Memipet sebanyak 25 mL larutan baku Cr (VI) 100 ppm ke dalam labu takar 250 mL dan menambahkan dengan akuades lalu dihomogenkan.

**e. Pembuatan deret standar 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 ppm dari larutan baku Cr (VI) 100ppm sebanyak 100 mL**

Memipet larutan Cr (VI) 100 ppm sebanyak 0,1, 0,5, 1, 5, 10, 20, 30, 50 mL secara berurut masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL. Menghimpitkan sampai tanda batas menggunakan akuades lalu dihomogenkan.

**4. Penentuan Konsentrasi Awal Ion Logam Kromium pada Limbah Sablon**

Sampel limbah cair sablon dipipet sebanyak 25 mL dimasukkan ke dalam erlenmeyer lalu ditambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat kemudian diaduk hingga homogen. Kemudian dididihkan sampai diperoleh larutan yang jernih larutan hasil destruksi kemudian didinginkan dan selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring whattman no. 42 untuk memisahkan residu dengan filtrat. Selanjutnya menentukan kadar kromium pada filtrat menggunakan *Atomic Absortion Spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang 324,7 nm.

**5. Penentuan Waktu Kontak Optimum Penyerapan Ion Logam Kromium oleh Biomassa Ecenng Gondok.**

Menyiapkan 5 buah erlenmeyer yang diberi label sesuai variasi waktu kontak kemudian memipet 25 mL limbah cair sablon ke dalam masing-masing erlenmeyer. Menimbang biomassa sebanyak 0,5 gram lalu memasukkan ke dalam 5 erlenmeyer masing-masing selanjutnya mengaduk campuran dengan menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Kemudian menyaring larutan dengan kertas saring whattman no. 42 untuk memisahkan residu dengan filtrat, selanjutnya menentukan kadar kromium pada filtrat menggunakan *Atomic Absortion Spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang 324,7 nm.

## 6. Penentuan Biomassa Optimum Penyerapan Logam Kromium

Menyiapkan 3 buah erlenmeyer yang diberi label sesuai variasi jumlah biomassa kemudian memipet 25 mL limbah cair sablon ke dalam masing-masing erlenmeyer. Menimbang biomassa sebanyak 0,5 gram, 1,0 gram dan 1,5 gram lalu memasukkan ke dalam 3 erlenmeyer masing-masing. Selanjutnya mengaduk campuran dengan menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 150 menit (waktu kontak optimum). Kemudian menyaring larutan dengan kertas saring whattman no. 42 untuk memisahkan residu dengan filtrat, selanjutnya menentukan kadar kromium pada filtrat menggunakan *Atomic Absortion Spectrophotometer* (AAS) dengan panjang gelombang 324,7 nm.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Logam Kromium oleh Biomassa Daun Eceng Gondok

Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok dilakukan pada variasi waktu kontak 60, 90, 120, 150, 180 menit.

**Table 4.1.** Adsorptivitas biomassa daun eceng gondok terhadap logam kromium (Cr) dengan variasi waktu kontak pada konsentrasi awal (4,3986 ppm) dengan berat adsorben 0,5 gram dalam 25 mL limbah

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi (mg/L)		Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Penyerapan (%)
	[Cr] sisa	[Cr] teradsorpsi		
60	4,12	0,27	0,01	6,14
90	3,58	0,81	0,04	18,43
120	3,11	1,28	0,06	29,19
150	2,60	1,79	0,08	40,70
180	3,21	1,18	0,05	26,88

Table 4.1. menunjukkan adsorptivitas biomassa daun eceng gondok terhadap logam kromium (Cr) pada variasi waktu kontak yang mampu mengadsorpsi ion logam Cr dengan tingkat efisiensi tertinggi 40,70% pada waktu kontak 150 menit.

## 2. Penentuan Biomassa Optimum terhadap Adsorpsi Logam Kromium (Cr) oleh Biomassa Daun Eceng Gondok

Penentuan biomassa optimum terhadap adsorpsi logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok dilakukan pada variasi berat biomassa adalah 0,5 gram, 1,0 gram dan 1,5 gram.

**Table 4.2.** Adsorptivitas biomassa daun eceng gondok terhadap logam kromium (Cr) dengan variasi berat adsorben pada konsentrasi awal (4,3986) pada waktu kontak optimum (150 menit) dalam 25 mL limbah

jumlah biomassa (gram)	Konsentrasi (mg/L)		Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Penyerapan (%)
	[Cr] sisa	[Cr] teradsorpsi		
0,5	2,33	2,06	0,10	46,85
1,0	2,13	2,26	0,05	51,45
1,5	2,47	1,92	0,03	43,77

Table 4.2. menunjukkan adsorptivitas biomassa daun eceng gondok terhadap logam kromium (Cr) pada variasi biomassa yang mampu mengadsorpsi ion logam Cr dengan tingkat efisiensi tertinggi 51,45% dengan bobot adsorben 1,0 gram pada dalam 25 mL limbah.

## 3. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Penentuan isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diperoleh dengan mencari nilai konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan ( $C_e$ ) serta banyaknya zat yang terserap persatuan berat adsorben ( $Q_e$ ).

**Table 4.3.** Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Berat biomassa (g)	Cr Stabil ( $C_e$ )			Cr Teradsorpsi ( $Q_e$ )			$C_e/Q_e$ g/L
	mg/L	mol/L	Log $C_e$	mg/L	mol/g	Log $Q_e$	
0,5	2,3378	0,000045	0,3688	2,0608	0,000039	0,3140	1,1534
1,0	2,1351	0,000041	0,3294	2,2635	0,000043	0,3547	0,9534
1,5	2,4729	0,000048	0,3933	1,1957	0,000037	0,2845	1,1972

Perbandingan antara hasil Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada table berikut:

**Tabel 4.4.** Perbandingan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Isoterm Adsorpsi Langmuir			Isoterm Adsorpsi Freundlich		
K (L/mol)	$R^2$	$X_m$ (mol/g)	$K_f$ (L/mol)	$R^2$	n (mol/g)
-7.692,307	0,9278	$2,80 \times 10^{-5}$	0,1452	0,9981	0,91416

Dimana:

$X_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

$K/K_f$  = Konstanta Lagmuir/Freundlich (L/mol)

n = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

## B. Pembahasan

### 1. Preparasi Biomassa Daun Eceng Gondok Teraktivasi

Preparasi biomassa daun eceng gondok dilakukan dengan membersihkannya menggunakan air untuk memisahkan lumpur dan sisa-sisa tanaman yang menempel. Bagian daun eceng gondok dipisahkan dari batang dan akar karena hanya bagian

daun yang akan digunakan sebagai biomassa. Penggunaan daun sebagai biomassa karena dibandingkan pada bagian batang dan akar, bagian daun memiliki lebih banyak kandungan unsur-unsur protein dan karbohidrat yang berperan besar dalam proses penyerapan ion logam berat (Fikri dkk, 2015: 2). Daun eceng gondok yang diperoleh dipotong kecil-kecil dan diangin-anginkan selama beberapa hari untuk mengurangi kadar air pada sampel dan untuk memudahkan saat pengeringan dan penghalusan. Pengeringan daun eceng gondok dilakukan menggunakan oven pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam untuk menguapkan sisa air yang masih terkandung dalam daun tersebut. Daun yang telah kering dihaluskan menggunakan *blender* untuk mempermudah proses pengayakan. Pengayakan serbuk daun eceng gondok yang telah diperoleh dilakukan menggunakan ayakan 120 mesh untuk memperoleh biomassa dengan ukuran yang sama dengan luas permukaan yang optimal. Semakin besar luas permukaan suatu adsorben, semakin besar pula kapasitas adsorben dalam menyerap adsorbat (Zahroh, 2008: 18).

Perendaman biomassa daun eceng gondok menggunakan larutan asam klorida (HCl) 0,01 M sambil *dishaker* selama 1 jam untuk melarutkan logam-logam dan mineral-mineral yang kemungkinan masih terikat pada biomassa dan untuk mengaktivasi biomassa agar kemampuannya dalam mengikat ion logam kromium semakin besar karena banyaknya ion  $\text{H}^{+}$  yang terikat pada permukaan adsorben yang berasal dari ionisasi dari ion  $\text{H}^{+}$  pada molekul HCl. Biomassa hasil rendaman di saring dan residu yang diperoleh direndam kembali menggunakan akuades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sambil *dishaker* selama 2 jam sampai netral untuk menghilangkan kelebihan asam pada proses aktivasi. Biomassa hasil rendaman disaring kembali dan filtrat yang diperoleh direaksikan menggunakan larutan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) 0,1 M untuk

memastikan biomassa bebas ion  $\text{Cl}^-$ . Perendaman dilakukan sampai filtrat yang direaksikan dengan  $\text{AgNO}_3$  tidak terbentuk endapan putih. Adanya endapan putih menandakan masih adanya ion  $\text{Cl}^-$  pada biomassa. Reaksi (Vogel, 1990) :



Dengan tidak terbentuknya endapan putih menandakan bahwa biomassa telah bebas  $\text{Cl}^-$  dan yang tersisa adalah ion  $\text{H}^+$ . Apabila biomassa masih mengandung ion  $\text{Cl}^-$  maka proses pengikatan ion logam oleh adsorben tidak terjadi dengan baik karena terhalang oleh ion  $\text{Cl}^-$ .

Residu hasil penyaringan di oven kembali pada suhu  $50-60^\circ\text{C}$  sampai kering agar tidak terjadi denaturasi pada kandungan protein pada biomassa yang dapat mengakibatkan terjadinya penggumpalan protein. Namun penggumpalan ini hanya akan terjadi apabila proses denaturasi berlangsung pada titik isolistriknya (Rosyidah, 2008: 29).

## **2. Penentuan Konsentrasi Awal Logam Kromium (Cr) pada Biomassa Teraktivasi dan Limbah Cair Usaha Sablon**

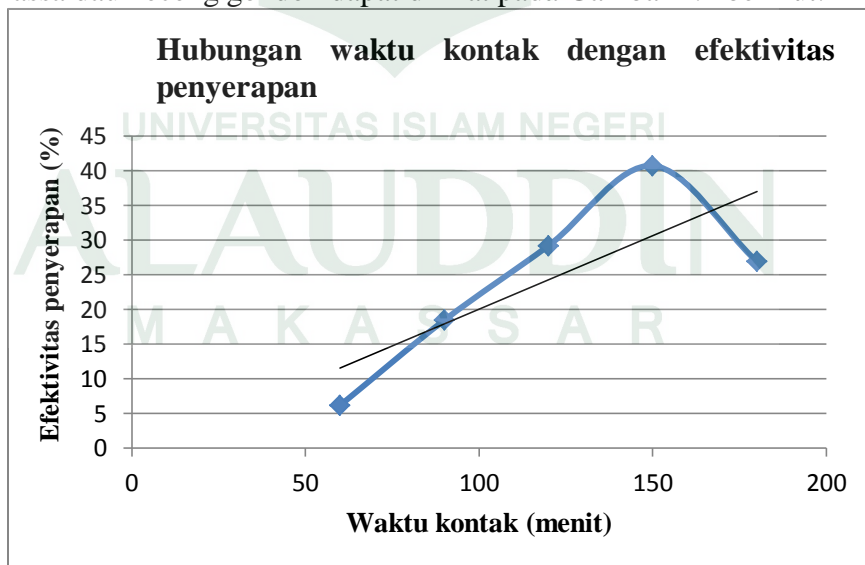
Penentuan konsentrasi awal logam kromium pada biomassa dan pada limbah cair sablon dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas atau kemampuan biomassa eceng gondok dalam mengadsorpsi logam berat kromium. Penentuan konsentrasi awal pada biomassa daun eceng gondok dan limbah cair sablon dilakukan dengan mendestruksi masing-masing biomassa dan limbah cair sablon menggunakan  $\text{HNO}_3$  pekat untuk merombak logam-logam mineral pada sampel dan dengan menguapkan unsur-unsur nonlogam yang terkandung pada sampel sehingga yang tersisa hanya unsur-unsur logam. Pengukuran kadar ion logam yang terdapat pada biomassa dan limbah diukur menggunakan instrument *Atomic Absorption*

*Spectrophotometer* (AAS) pada panjang gelombang 324,7 nm diperoleh kadar logam kromium (Cr) pada biomassa teraktivasi sebesar 0,01 mg/L dan pada limbah cair sablon sebesar 4,3986 mg/L.

### 3. Penentuan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Logam Kromium oleh Biomassa Daun Eceng Gondok

Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk memperoleh waktu kontak yang optimum penyerapan ion logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi waktu kontak yaitu 60, 90, 120, 150, dan 180 menit dengan berat masing-masing adsorben sebesar 0,5 gram pada kecepatan 150 rpm. Tujuan variasi waktu kontak yang digunakan untuk mengetahui batas kemampuan biomassa daun eceng gondok dalam mengadsorpsi ion logam kromium.

Data penentuan waktu kontak optimum terhadap adsorpsi ion logam kromium pada biomassa daun eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut:



**Gambar 4.1.** Hubungan antara waktu kontak optimum dengan efektivitas penyerapan

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa adsorpsi ion logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok dengan variasi waktu kontak 60, 90, 120 sampai 150 menit, terjadi peningkatan secara signifikan yaitu masing-masing sebesar 6,14%, 18,43%, 29,19% dan 40,70%. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu kontak antara limbah sablon (adsorbat) dengan permukaan biomassa daun eceng gondok (adsorben), maka semakin besar kemungkinan adsorbat yang terserap ke dalam pori adsorben karena adanya tumbukan antara adsorbat dengan permukaan adsorben, sehingga mengakibatkan banyaknya ion logam kromium yang teradsorpsi.

Banyaknya konsentrasi yang teradsorpsi pada menit ke 60 sangat sedikit, hal ini disebabkan karena pada menit tersebut, masih banyak rongga adsorben atau sisi aktif adsorben yang belum mengikat ion logam secara maksimal. Berbeda pada menit ke 150 yang merupakan waktu adsorpsi yang cukup lama untuk ion kromium teradsorpsi pada permukaan adsorben sehingga diperkirakan adsorben sudah terisi lebih banyak ion kromium atau dengan kata lain sisi aktif pada adsorben mengikat secara maksimal.

Waktu adsorpsi optimum tercapai apabila terjadi kesetimbangan antara adsorbat yang diserap oleh adsorben (pada fase permukaan) dengan adsorbat yang tersisa dalam larutan (Agung, 2007 dalam Zahroh, 2008). Waktu kontak 150 menit merupakan waktu kontak optimum dengan persentase penyerapan sebesar 40,26%. Dikatakan optimum karena pada waktu tersebut, telah tercapai kesetimbangan adsorpsi antara ion logam kromium yang diserap oleh adsorben. Waktu kontak 150 sampai 180 menit dengan efektivitas penyerapan masing-masing 40,70% dan 26,88%. Pada waktu kontak tersebut, jumlah ion logam kromium teradsorpsi mengalami penurunan karena ikatan antar gugus yang terdapat dalam adsorben



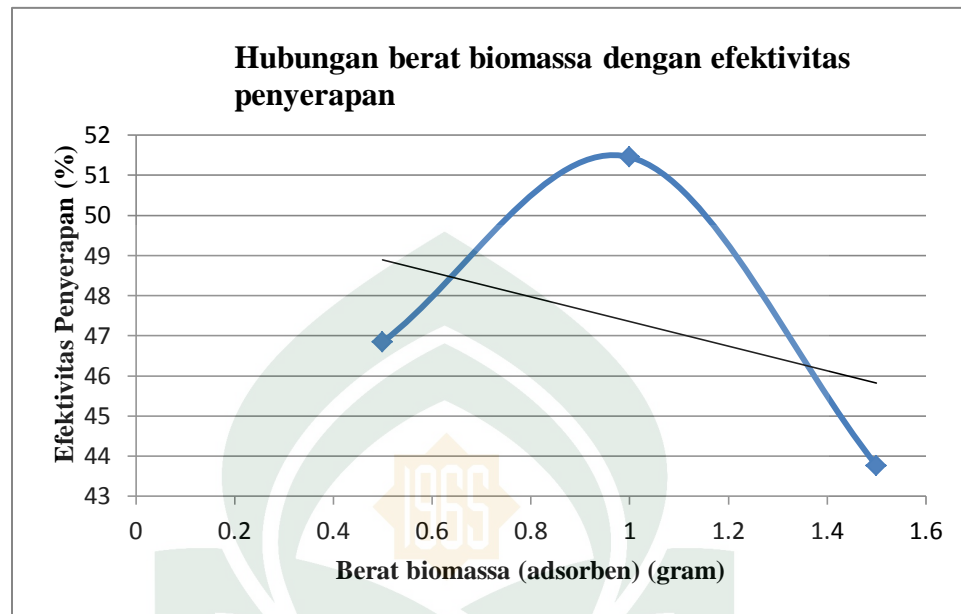
semakin melemah sehingga terjadi desorpsi atau lepas kembali ke dalam larutan, sehingga hanya gugus yang berikatan secara kuat yang masih dapat berikatan. Semakin lama waktu adsorpsi maka frekuensi tumbukan diantara partikel adsorbat dengan adsorben semakin besar pula (Setyawan, dkk, 2013: 206).

#### **4. Penentuan Berat Biomassa Optimum terhadap Adsorpsi Logam Kromium (Cr) oleh Biomassa Daun Eceng Gondok**

Penentuan berat biomassa optimum terhadap adsorpsi ion logam kromium pada biomassa daun eceng gondok bertujuan untuk memperoleh berat biomassa yang optimum pada penyerapan ion logam kromium. Penentuan berat biomassa optimum ini dilakukan pada waktu kontak 150 menit (waktu kontak optimum) karena efektivitas penyerapan tertinggi terdapat pada waktu kontak tersebut. Berat biomassa yang digunakan yaitu 0,5., 1,0., 1,5 gram. Tujuan variasi berat biomassa yang digunakan untuk mengetahui batas kemampuan biomassa daun eceng gondok dalam mengadsorpsi ion logam kromium.

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa berat biomassa 0,5 gram sampai 1 gram terjadi peningkatan secara signifikan yaitu masing-masing sebesar 46,85% dan 51,45%. Kenaikan signifikan dari berat biomassa 0,5 gram sampai 1,0 gram disebabkan karena belum terjadi kesetimbangan adsorpsi antara ion Cr yang diserap oleh biomassa.

Data Penentuan berat biomassa optimum terhadap adsorpsi ion logam kromium pada biomaa daun eceng gondok dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut:



**Gambar 4.2.** Hubungan antara berat biomassa dengan efektivitas penyerapan

Banyaknya konsentrasi yang teradsorpsi pada berat biomassa 0,5 gram terbilang sedikit, hal ini disebabkan karena pada menit tersebut, jumlah adsorben yang digunakan masih kurang mengakibatkan kurangnya pula jumlah rongga pada adsorben sehingga gugus yang terdapat pada adsorben tidak mampu mengikat ion logam secara keseluruhan. Berbeda pada berat biomassa 1,0 gram, terjadi pengikatan ion-ion logam secara optimal, dimana banyaknya jumlah biomassa mengakibatkan banyaknya kemungkinan rongga-rongga adsorben yang bisa mengikat ion logam kromium. Berat biomassa 1,0 gram merupakan berat biomassa optimum dengan presentase penyerapan sebesar 51,45% . Dikatakan optimum karena pada berat tersebut telah tercapai kesetimbangan adsorpsi antara ion logam kromium yang diserap oleh adsorben dengan jumlah ion kromium yang tersisa dalam larutan.

Sementara berat biomassa 1,0 gram sampai 1,5 gram dengan efektivitas penyerapan masing-masing 51,45% dan 43,77% terjadi penurunan jumlah ion logam kromium yang teradsorpsi karena pada berat tersebut ikatan antar gugus aktif pada biomassa tidak terjadi dengan sempurna karena kelebihan berat adsorben yang mengakibatkan larutan menjadi jenuh karena adsorben dan adsorbet telah mencapai kesetimbangan yang mengakibatkan tidak terjadi pengikatan secara optimal.

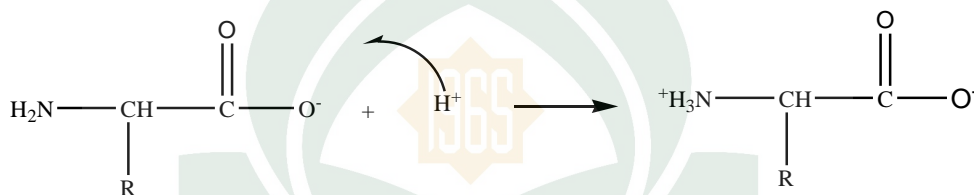
##### **5. Interaksi antara Biomassa Daun Eceng Gondok dengan Ion logam Cr(VI)**

Biomassa daun eceng gondok mengandung berbagai macam senyawa makromolekul seperti protein yang tersusun dari satu asam amino yang terdiri dari situs-situs aktif gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) dan hidroksil ( $\text{OH}$ ). Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan biomassa organik menurut Narsito (2006) dalam Al-Ayyubi (2008) mempunyai empat kemungkinan yaitu pertukaran ion (lemah dan kuat), ikatan hidrogen, ikatan kompleks dan pemerangkapan.

Ion logam terutama logam transisi dapat membentuk ikatan dengan senyawa asam amino karena adanya elektron bebas pada gugus fungsional senyawa asam amino berupa  $-\text{COOH}$  setelah terdeprotonasi. Efektivitas interaksi antara ion logam dengan senyawa asam amino sangat tergantung terhadap spesiasi gugus yang dikandungnya dalam larutan. Gugus fungsional  $-\text{COOH}$  akan terdeprotonasi menjadi  $-\text{COO}^-$  yang nantinya akan berikatan dengan ion logam kromium.

Senyawa asam amino apabila larut terlarut dalam larutan dapat membentuk ion yang bermuatan positif dan negatif (ion amfoter). Asam amino dengan gugus asam karboksilat yang disebut dengan ikatan peptida yang apabila larut dalam air, gugus karboksil ( $\text{COOH}$ ) akan melepaskan ion  $\text{H}^+$  dan gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) akan menerima ion  $\text{H}^+$  membentuk  $\text{NH}_3^+$  (Poedjiadi, 2012: 85).

Larutan asam amino dalam air ketika ditambahkan basa maka asam amino akan membentuk ion  $\text{COO}^-$  karena konsentrasi ion  $\text{OH}^-$  yang tinggi mampu mengikat ion-ion  $\text{H}^+$  yang terdapat pada gugus  $\text{NH}_3^+$ . Apabila larutan asam amino ditambahkan asam, maka konsentrasi ion  $\text{H}^+$  yang tinggi mampu berikatan dengan ion  $\text{COO}^-$  sehingga terbentuk gugus  $\text{COOH}$  (Poedjiadi, 2007). Perubahan muatan pada asam amino dapat dilihat pada gambar berikut:



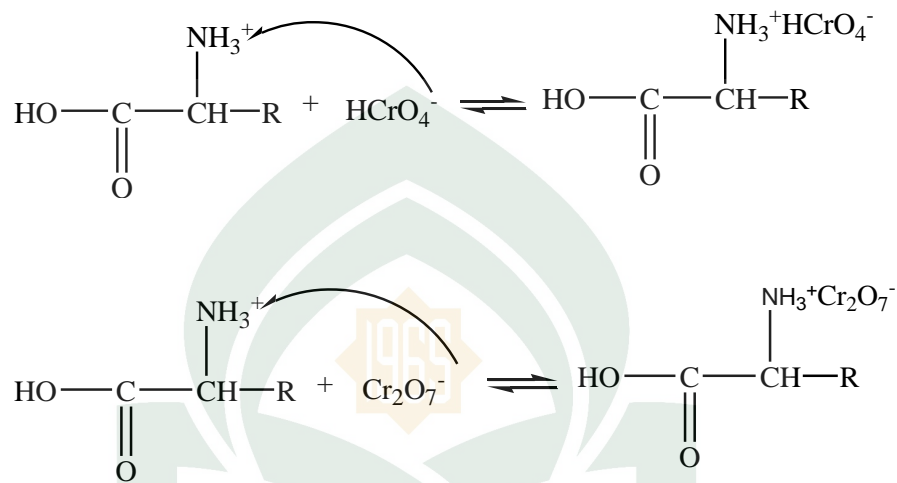
**Gambar 4.4** Perubahan Muatan pada Asam amino (Poedjiadi, 2007)

Perubahan muatan pada asam amino yaitu gugus  $\text{NH}_2$  menjadi  $\text{NH}_3^+$  yang mengakibatkan terjadinya gaya elektrostatis yang memungkinkan terjadinya reaksi antara biomassa daun eceng gondok dengan ion logam  $\text{Cr(VI)}$ .

Interaksi antara muatan negatif pada biomassa yang bertindak sebagai situs aktif dengan muatan positif dari ion logam tersebut akan mengakibatkan terjadinya gaya elektrostatis (Van der Waals) (Al-Ayyubi, 2008).

Mekanisme gaya elektrostatis pada biomassa daun eceng gondok terjadi ketika gugus amina ( $\text{NH}_2$ ) pada asam amino yang terprotonasi karena adanya ion-ion  $\text{H}^+$  dalam larutan, sehingga gugus amina berubah menjadi  $\text{NH}_3^+$  yang mengakibatkan terjadinya gaya elektrostatis. Gaya ini terjadi karena adanya dipol-dipol yang muatannya berlawanan yaitu ion  $\text{NH}_3^+$  dengan ion  $\text{HCrO}_4^-$  dan ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  sehingga menyebabkan adanya tarikan antara ion  $\text{HCrO}_4^-$  dan ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dengan molekul adsorben yaitu ion  $\text{NH}_3^+$  (Puspitasari, 2005 dalam Fatimus, 2008).

Mekanisme gaya elektrostatis antara biomassa dengan ion Cr(VI) adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.3.** Mekanisme Gaya Elektrostatis (Van der Waals) antara biomassa dengan ion Cr(VI) (Puspitasari, 2005 dalam Fatimus, 2008)

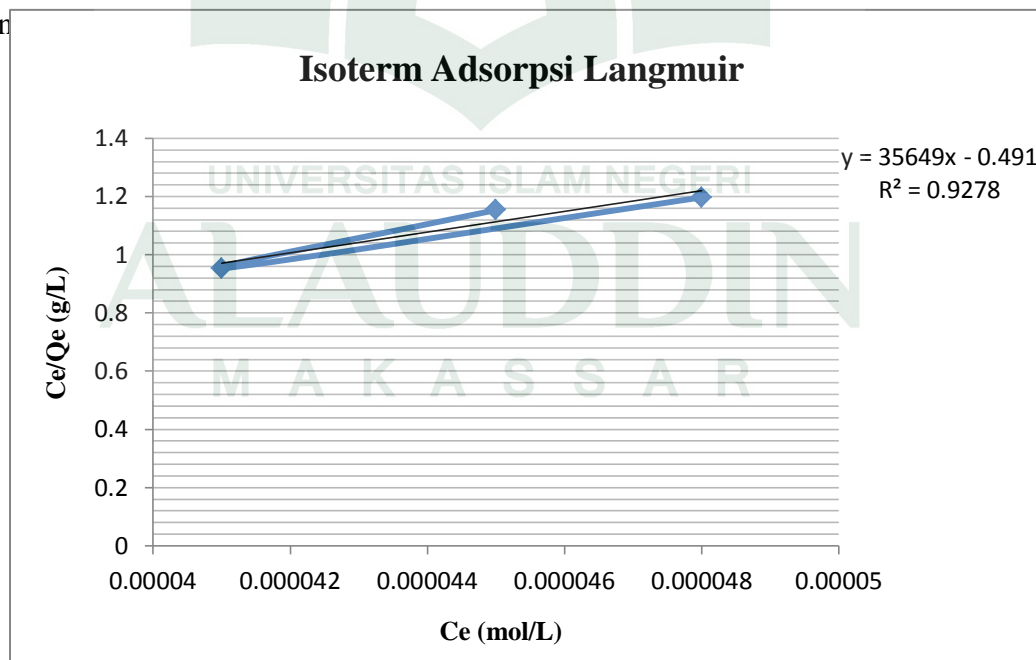
Akibat adanya ion  $\text{H}^+$  pada gugus-gugus yang terdapat pada biomassa daun eceng gondok akan mengalami protonasi dan memiliki muatan positif yang sangat reaktif terhadap spesiasi dalam bentuk anion dan akibat hadirnya ion  $\text{OH}^-$ , gugus-gugus yang dimiliki oleh biomassa daun eceng gondok mengalami deprotonasi dan memiliki muatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesiasi logam dalam bentuk kation (Al-Ayubi, 2008).

Selain itu, interaksi antara biomassa daun eceng gondok dengan ion logam Cr(VI) juga terjadi melalui ikatan hidrogen antara atom hidrogen pada selulosa dengan atom O pada ion  $\text{HCrO}_4^-$  dan ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Ikatan ion hidrogen terjadi apabila atom hidrogen terikat oleh dua atau lebih atom lain yang memiliki keelektronegatifan yang tinggi seperti N, O, dan F (Effendi, 2006 dalam Fatimus, 2008).

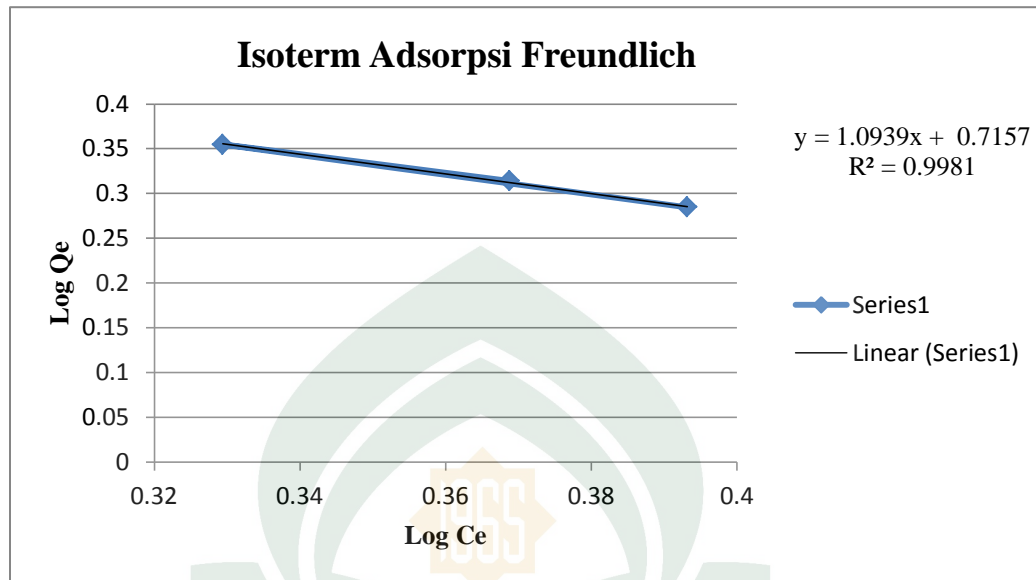
## 6. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Jenis adsorpsi yang terjadi pada biomassa daun eceng gondok terhadap logam Cr(VI) dapat diketahui dengan menguji persamaan regresi linier isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Isoterm adsorpsi Langmuir memiliki asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan yang homogen. Setiap molekul adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat (monolayer). Teori ini berlaku untuk adsorpsi kimia yaitu membentuk lapisan monolayer. Sedangkan teori isoterm adsorpsi Freundlich mengatakan bahwa adsorben mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (multilayer) dan teori ini berlaku untuk adsorpsi fisika yaitu membentuk lapisan multilayer.

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan isoterm adsorpsi Freundlich, maka diperoleh grafik persamaan isoterm adsorpsi Lan



**Gambar 4.5.** Grafik Persamaan Isoterm Langmuir



**Gambar 4.6.** Grafik Persamaan isoterm Freundlich

Penentuan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diketahui dengan cara melihat nilai  $R^2$ . Isoterm adsorpsi Cr (VI) pada biomassa daun eceng gondok mengikuti persamaan yang memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1. Hasil perbandingan nilai  $R^2$  dari persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich menunjukkan bahwa persamaan isoterm adsorpsi Langmuir memiliki nilai  $R^2$  mendekati 1 yaitu 0,9278 begitupun untuk persamaan isoterm adsorpsi Freundlich memiliki nilai  $R^2$  yang mendekati 1 yaitu sebesar 0,9981. Sehingga dapat diasumsikan bahwa adsorpsi Cr(VI) pada biomassa daun eceng gondok mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dengan memiliki nilai  $R^2$  (koefisien regresi linier) mendekati 1.

Kapasitas adsorpsi biomassa daun eceng gondok berdasarkan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir sebesar  $2,80 \times 10^{-5}$  mol/g. Untuk persamaan isoterm adsorpsi Freundlich diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 0,91416 mol/g. Isoterm adsorpsi Freundlich memiliki nilai kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan



isoterm adsorpsi Langmuir. Hal ini disebabkan karena proses adsorpsi untuk persamaan isoterm adsorpsi Freundlich terjadi secara fisika, sehingga permukaan adsorben memiliki kapasitas penyerapan yang lebih besar.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan tujuan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Waktu kontak optimum yang dibutuhkan oleh biomassa daun eceng gondok untuk mengadsorpsi ion logam kromium adalah 150 menit dengan efektivitas sebesar 40,70%.
2. Berat biomassa optimum yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi ion logam kromium adalah 1,0 gram dengan efektivitas sebesar 51,45%.
3. Kapasitas adsorpsi biomassa daun eceng gondok berdasarkan persamaan isotherm adsorpsi Langmuir sebesar  $2,80 \times 10^{-5}$  mol/g dan untuk persamaan isotherm adsorpsi Freundlich diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 0,91416 mol/g.

#### **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka perlu disampaikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kandungan senyawa organik yang terdapat pada biomassa daun eceng gondok dalam kaitannya dengan adsorpsi logam kromium.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan immobilisasi pada matriks polisilikat pada biomassa daun eceng gondok.

## DAFTAR PUSTAKA

Al-Qur'an dan Al-Karim

Al-Ayubi, Mochamad Chalid. "Studi Kestimbangan Adsorpsi Merkuri (II) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*)", Skripsi (2008), h. 1-69.

Apriliani, Ade. "Pemanfaatan arang ampas tebu sebagai adsorben ion logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam air limbah", skripsi (2010), h. 1-59).

Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencenaran*. Jakarta: UI-Press (2001), h.62.

Fikri., dkk. "Pengaruh Perbandingan Eceng Gondok Dengan Air Terhadap Penyisihan COD dan Padatan pada Produksi Biohidrogen Secara Fermentasi Anaerob Batch Tahap Asidogenesis", *Jurnal JOM FTEKNIK*, Vol. 2, No. 2 (2015), h. 1-7.

Hariani, Poedji Loekitowati., dkk. "Penurunan Konsentrasi Cr (VI) dalam ir dengan Koagulan  $\text{FeSO}_4$ ", *Jurnal Penelitian Sains*, Vol. 12, No. 2 (2009), h. 1-4.

Hamzah, Nursalam. *Analisis Kimia Metode Spektroskopi*. Makassar: Alauddin University-Press (2013), h.87-97.

Iksan, Muhammad dan Ulfin, Ita. "Penurunan Kadar Logam Krom dalam Limbah Elektroplating Menggunakan Biomassa Bulu Ayam dengan Aktivasi Natrium Sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) 0,1N (Studi Kasus Industri Elektroplating Rumah Tangga Di Desa Ngingas Kecamatan Waru, Sidoarjo)", *Skripsi* (2011).

Indrasti, Nastiti Siswi., dkk. "Penyerapan Logam Pb Dan Cd Oleh Eceng Gondok Pengaruh Konsentrasi Logam Dan Lama Waktu Kontak", *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, Vol. 16, No. 1, h. 44-50.

Kementrian Agama RI. *Al-Quran Tajwid dan Terjemahnya*. Bandung: PT. Sigma Examedia Arkanleema (2010), h. 157 dan 367.

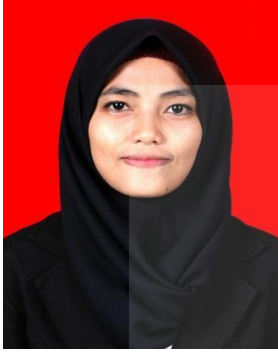
Krystiyanti, Kartika. "Adsorpsi Merkuri (II) Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisilikat Menggunakan Metode Kolom", *Skripsi* (2008), h. 1-74.

Lasindrang, Musrowati. "Adsorpsi Pencemaran Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Oleh Kitosan Yang Melapisi Arang Aktif Tempurung Kelapa", *Jurnal Teknosains*, Vol.3, No.2 (2014), h. 81-166.

- Naimah, Siti., dkk. "Biosorben Limbah Bir Dantio -Karbonaktif Tio -Pcc 2/2 Untuk Penurunan Kromlimbahcair Industrielektroplating", *Jurnal Riset Industri*, Vol. 6, No. 2 (2012), h. 183-191).
- Ni'mah, Lailul Yatim dan Ulfin, Ita. "Penurunan Kadar Tembaga Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam", *Jurnal Akta Kimia Indonesia*, Vol.2, No.1 (2007), h. 57-66.
- Palar, Heryando. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta: PT. Rineka cipta (2008), h. Poedjiadi, Anna dan Supriyanti Titin. *Dasar-dasar biokimia*. Jakarta: UI-Press (1994), h. 24-35 dan 81-86.
- Putri, meyrina Eka. "Analisis Parameter Optimum Penyerapan Kation Zn(II) Oleh Biomassa *Hydrilla Verticillata*", *Jurnal Widyariset*, Vol.17, No. 3 (2014), h.373-380.
- Rahayu, Sri Teguh., Dkk. "Respon Bioakumulator Eceng Gondok (*Eichhoenia Crassipes*) Terhadap Logam Berat Pb dan Cd Di Sungai Pegangsaan Dua Menggunakan Metode Inductively Coupled Plasma (Icp)", (2014), h.14-20.
- Rizkamala. "Adsorpsi Ion Logam Cr (Total) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Bulu Ayam", *Skripsi* (2011), h.
- Rohmawati, Lilik. "Studi Kinetika Adsorpsi Merkuri (II) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichornia Crassipes*)" *Skripsi* (2008), h. 1-65.
- Rosyidah, Halimatur. "Studi kinetika adsorpsi merkuri (Hg) pada biomassa daun enceng gondok (*eichhornia crassipes*) yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat", *Skripsi* (2008), h.
- Rukmi, Dyah Puspito., dkk. "Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD Pada Air Limbah Laundry (Studi Di Laundry X Di Kelurahan Jember Lor Kecamatan Patrang Kabupaten Jember)", *Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa* (2013).
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati (2009).
- Suhud, Iffatunniswah dkk. "Adsorpsi Ion Kadmium (II) dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar dan Batang Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica Forks*)", *Jurnal Akademika Kimia*, Vol.1, No.4 (2012), h.153-158.
- Susanti, Tri. "Studi Biosorpsi Ion Logam Cr (VI) oleh Biomassa Alga Hijau yang Diimmobilisasi Pada Kalsium Alginat", *Skripsi* (2009).
- Tangio, Julhim.S. "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomsassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*)", *Jurnal Entropi*, Vol.7, No.1(2013), h.500-506.

- Tosepu, Ramadhan. “ Laju Penurunan Logam Berat Plumpum (Pb) dan Cadmium (Cd) Oleh Eichornia crassipes dan Cyperus papyrus”, *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, Vol. 19, No. 1 (2012), h. 37-45.
- Widowati,Wahyu, dkk. *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran* Yogyakarta: Penerbit ANDI (2008), h. 88-108.
- Widyaningsih. “Pengaruh Variasi Biomassa Eceng Gondok Terhadap Kandungan Krom Limbah Cair Industri Sablon “Temenan” Monjali Yogyakarta”, (2013).
- Yuliani, dkk., “Analisis Akumulasi Timbal (Pb) Pada Eceng Gondok Eichornia crassipes (Mart) Solms dan Perairan Dari Beberapa Lokasi Di Kota Makassar”, (2015), h. 1-3.
- Zahroh, Fatimus. “Kajian Keseimbangan Adsorpsi Cr (VI) pada Biomassa Kangkung Air (*Ipomoea aquatica forsk*)”, *Skripsi* (2010), h.1-81.
- Zaman, Badrus dan Sutrisno, Endro, ”Kemampuan Penyerapan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Terhadap Amoniak dalam Limbah Rumah Sakit Berdasarkan Umur dan Lama Kontak (Studi Kasus: RS. Panti Wilasa, Semarang)”, *Jurnal Presipitasi*, Vol.1, No. 1 (2006), h. 49-54.
- Zarkasyi, hafidh. “Biosorpsi Logam merkuri (Hg) oleh bacillus megateriumasal hilir sungai cisadane”, *Skripsi* (2008)
- Zulfa, Aditya. “Uji Adsorpsi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Zeolit Alam Malang dan Lampung”, *Skripsi* (2011), h. 1-87.

## RIWAYAT HIDUP

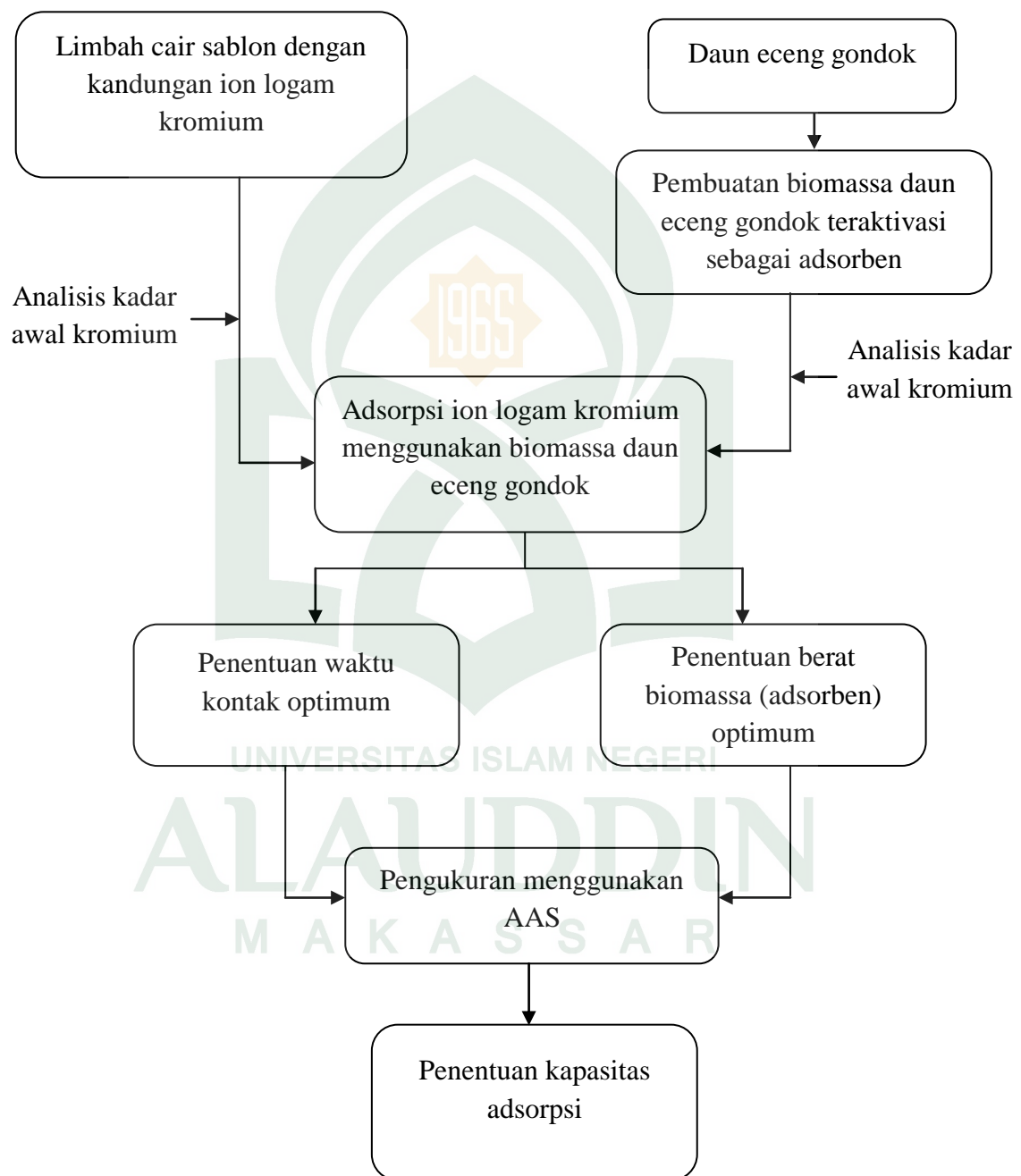


Nama lengkap Rahmadani, akrab disapa Dani. Penulis terlahir di suatu tempat yang beralamat Bontorannu, Lingkungan Bontorannu, Kel. Bontonompo, Kec. Bontonompo, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan, pada tanggal 27 Januari 1996. Putri dari pasangan Saharuddin dan Saodah, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menginjak dunia pendidikan formal di Sekolah Dasar Inpres Bontorannu pada tahun 2001-2007. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Bontonompo pada tahun 2007-2010. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Bontnompo Selatan pada tahun 2010-2013. Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar. Selama pendidikan yang ditempuh, penulis pernah mengikuti beberapa kegiatan, saat SD penulis pernah mengikuti kegiatan Olimpiade Matematika, SMP pernah mengikuti lomba Kepramukaan, dan SMA pernah mengikuti Olimpiade Kimia. Selama tercatat sebagai mahasiswa, penulis pernah menjadi pengurus HMJ-Kimia pada periode 2014/2015 dan 2015/2016, Koordinator Infokom DRD 2015 UKM Pramuka, Pemangku Adat Dewan Racana Pandega (DRD) UKM pramuka tahun 2016. Selain itu, penulis pernah menjadi delegasi kampus dalam kegiatan Perkemahan Wirakarya PTK Se-Indonesia ke XIII di Kendari tahun 2016.



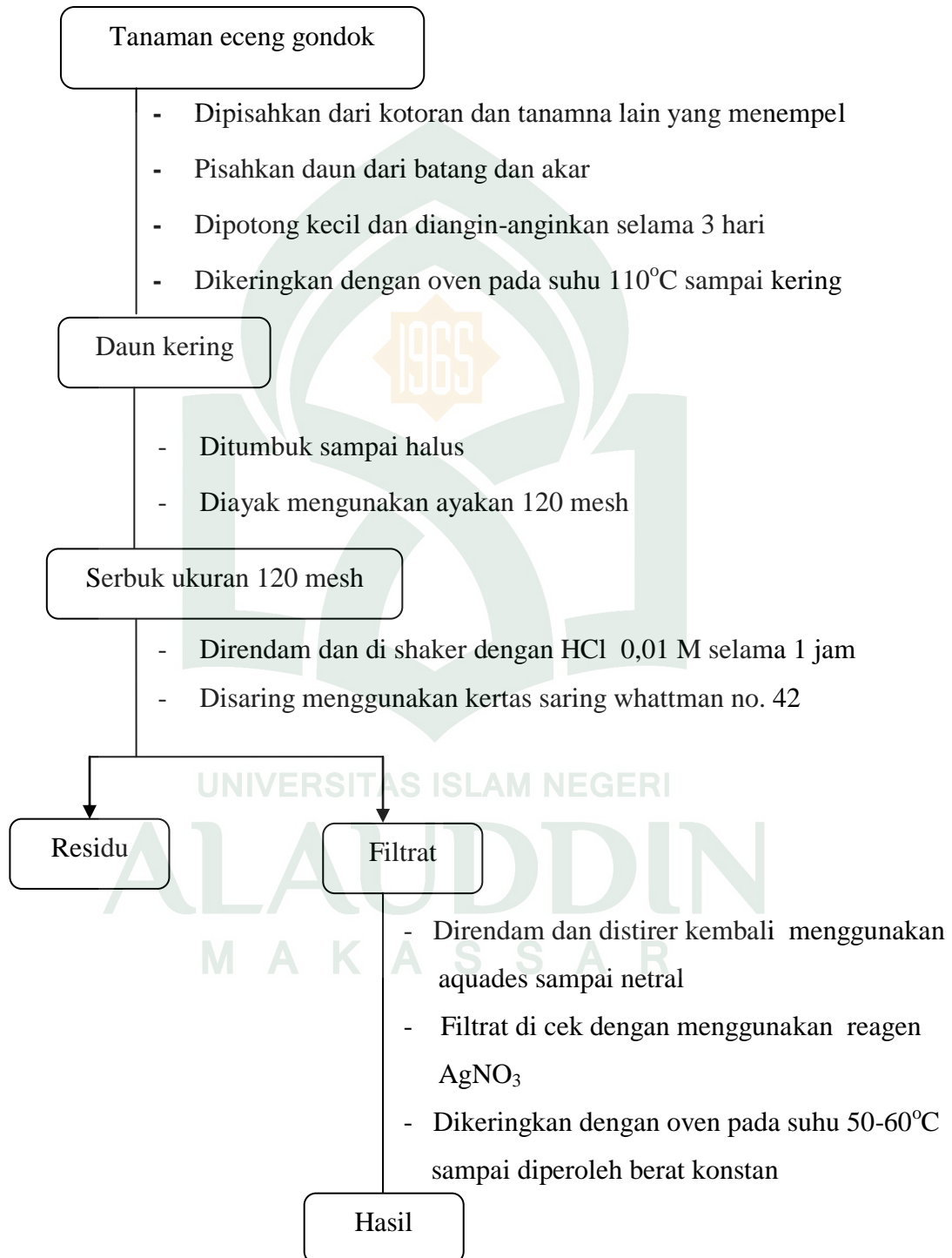


**Lampiran 1. Skema Kerja Adsorpsi Logam Kromium pada Limbah Cair Usaha  
Sablon menggunakan Biomassa Daun Eceng Gondok**



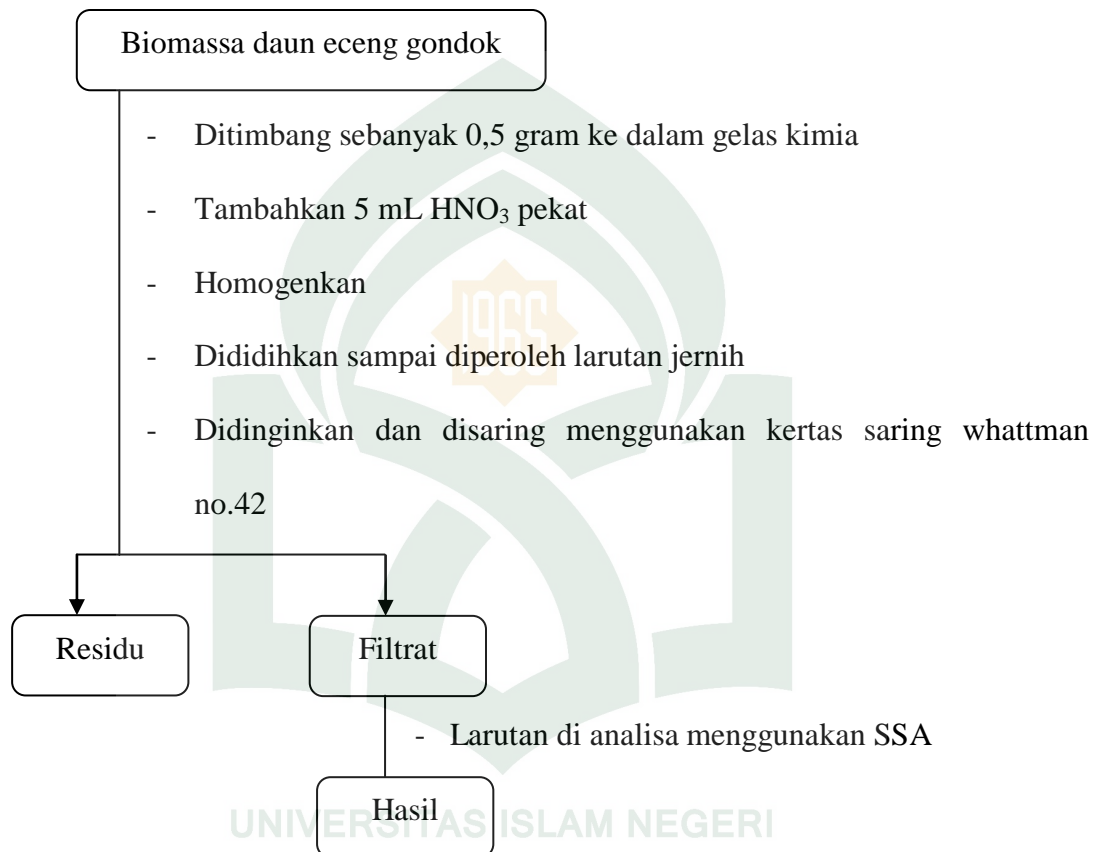
## Lampiran 2. Skema Kerja Penelitian

### a. Pembuatan biomassa daun eceng gondok teraktivasi



**b. Penentuan konsenstrasi ion logam berat kromium pada biomassa daun eceng gondok**

**1. Persiapan sampel analisis**



**2. Pembuatan larutan induk  $K_2Cr_2O_7$  1000 ppm**

Padatan  $K_2Cr_2O_7$

- Ditimbang sebanyak 1,4141 gram
- Dilarutkan dalam gelas kimia
- Dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL
- Ditambahkan dengan akuades sampai tanda batas
- Dihomogenkan

Larutan induk  $K_2Cr_2O_7$  1000 ppm

**3. Pembuatan larutan baku Cr (IV) 100 ppm dari larutan induk Cr (VI) 1000 ppm**

Larutan induk Cr(VI) 1000 ppm

- Dipipet sebanyak 25 mL ke dalam labu takar 250 mL
- Ditambahkan dengan akuades sampai tanda batas
- Dihomogenkan

Larutan baku Cr (VI) 100 ppm

**4. Pembuatan larutan baku Cr (IV) 10 ppm dari larutan induk Cr (VI) 100 ppm**

Larutan baku Cr(VI) 100 ppm

- Dipipet sebanyak 25 mL ke dalam labu takar 250 mL
- Ditambahkan dengan akuades sampai tanda batas
- Dihomogenkan

Larutan baku Cr (VI) 10 ppm

**5. Pembuatan larutan standar 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 ppm dari larutan Cr (VI) 100 ppm**

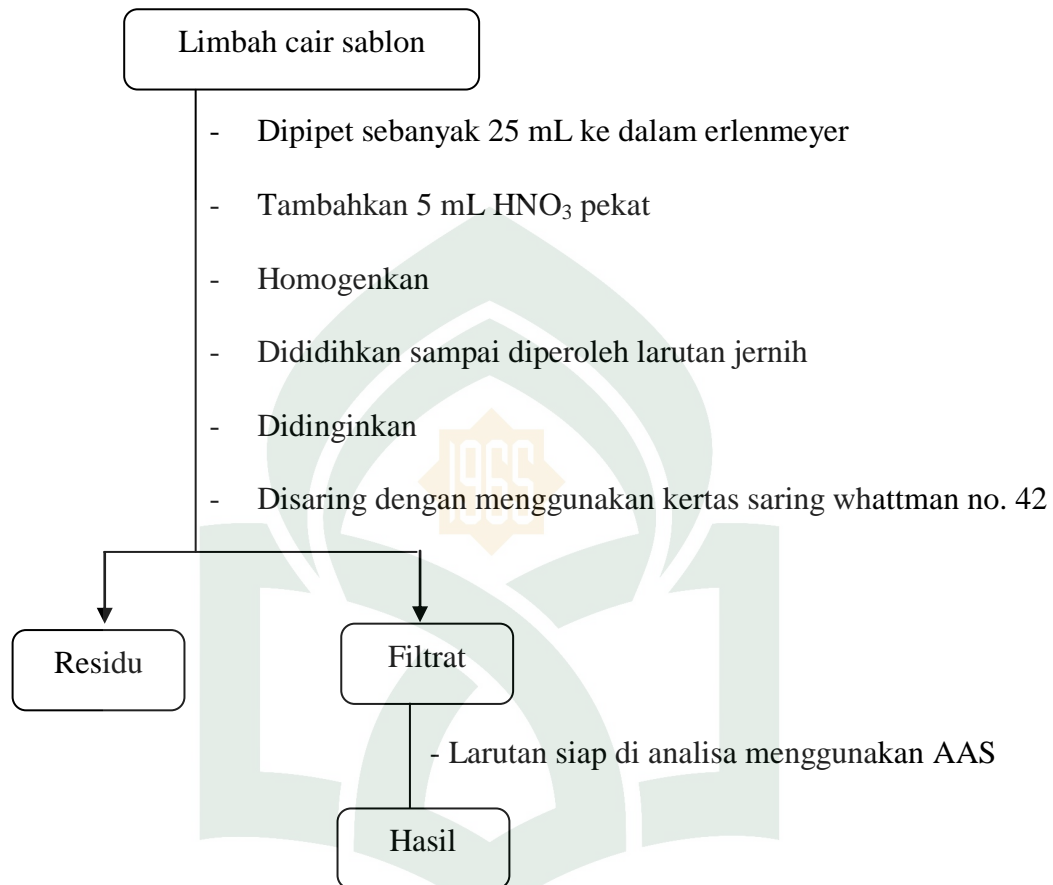
Larutan baku 10 ppm

- Disiapkan 8 buah labu takar 100 mL
- Dipipet sebanyak 0,1, 0,5, 1, 5, 10, 20, 30, 50 mL kedalam masing-masing labu ukur 100 mL
- Diencerkan dengan menambahkan akuades sampai tanda batas
- Homogenkan

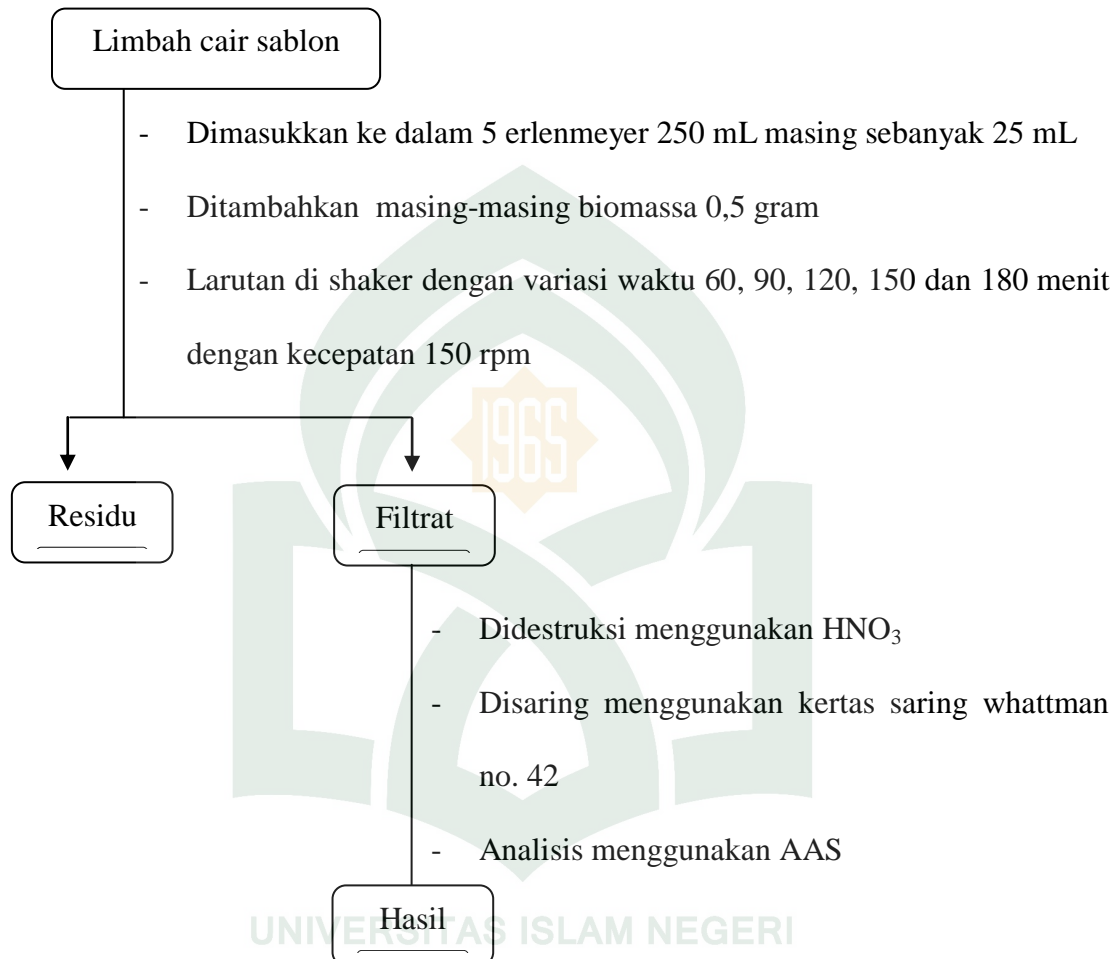
Larutan standar

0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 5 ppm

**c. Penentuan kadar Awal ion logam kromium pada limbah cair sablon**

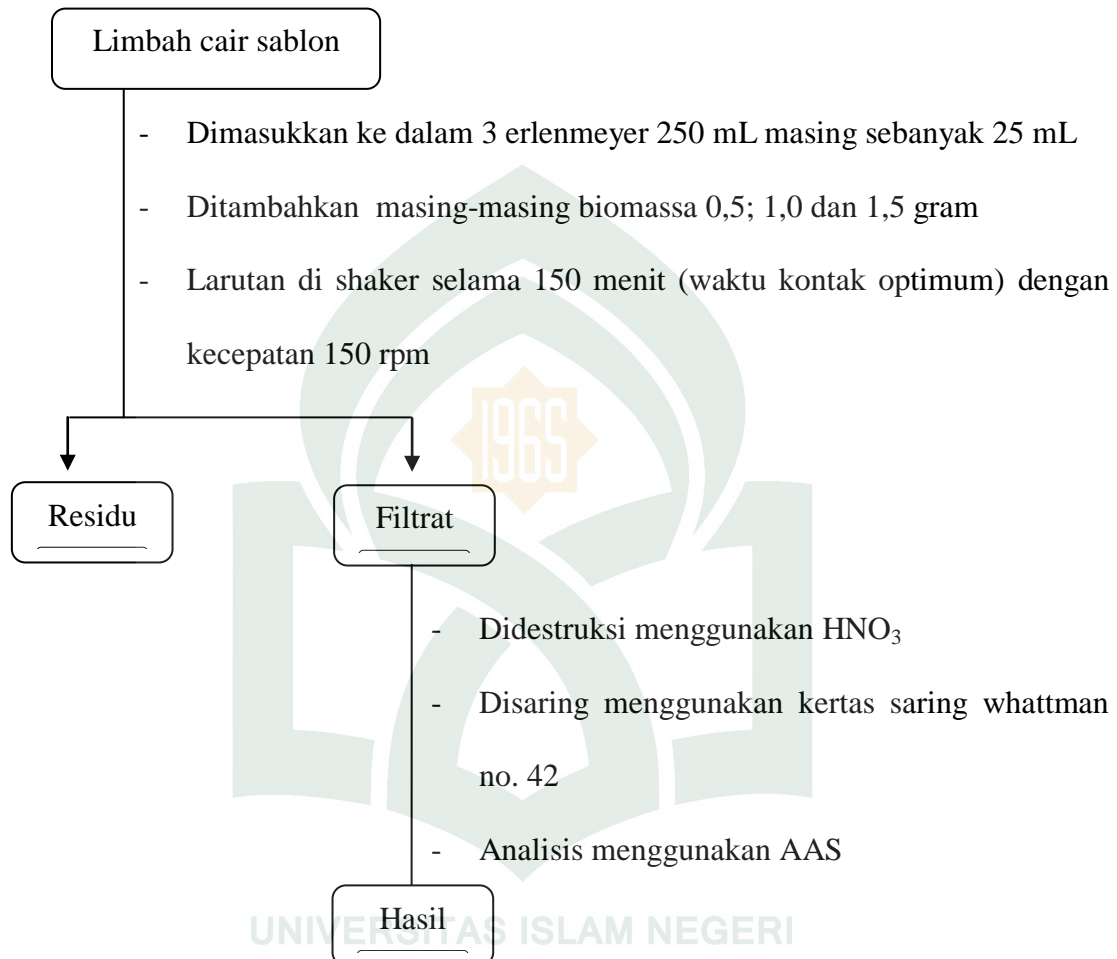


**d. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi ion logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok**





**e. Penentuan berat biomassa (adsorben) optimum adsorpsi ion logam kromium oleh biomassa daun eceng gondok**



### Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan

#### a. Pembuatan larutan induk Cr(VI) dari padatan $K_2Cr_2O_7$ dalam 500 mL

Diketahui:  $Mr K_2Cr_2O_7 = 294,128 \text{ g/mol}$   
 $Ar Cr_2 = 103,992 \text{ g/mol}$   
 $V = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ L}$   
 $ppm = 1000 \text{ mg/L}$

Ditanyakan: massa = ....gram ?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Ppm &= \frac{Ar Cr_2}{Mr K_2Cr_2O_7} \times \frac{mg}{V} \\ mg &= \frac{ppm \times V \times Mr K_2Cr_2O_7}{Ar Cr_2} \\ mg &= \frac{1000 \text{ mg/L} \times 0,5 \text{ L} \times Mr 294,128 \text{ g/mol}}{103,992 \text{ g/mol}} \end{aligned}$$

$$mg = 1.414,18 \text{ mg}$$

$$g = 1,4141 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan induk Cr(VI) maka  $K_2Cr_2O_7$  ditimbang sebanyak 1,4141 gram lalu dilarutkan dan diencerkan pada labu takar 500 mL sampai tanda batas.

#### b. Pembuatan larutan baku Cr(VI) 100 ppm dalam 250 mL dari larutan induk Cr(VI) 1000 ppm

Diketahui:  $M_1 = 1000 \text{ ppm}$   
 $M_2 = 100 \text{ ppm}$   
 $V_2 = 250 \text{ mL}$

Ditanyakan:  $V_1 = \dots \text{ mL}$  ?

Penyelesaian:

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1.1000 \text{ ppm} = 250 \text{ mL}.100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{25.000 \text{ mL}}{1000}$$

$$V_1 = 25 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat larutan baku 100 ppm, memipet larutan induk Cr(VI) 1000 ppm sebanyak 25 mL ke dalam labu takar 250 mL dan mengencerkan

- c. Pembuatan larutan standar 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 ppm dari larutan baku Cr (VI) 10 ppm sebanyak 100 mL

Larutan standar Cr (VI) (mg/L)	V <sub>1</sub> (mL)
0,01	0,1
0,05	0,5
0,1	1
0,5	5
1	10
2	20
3	30
5	50

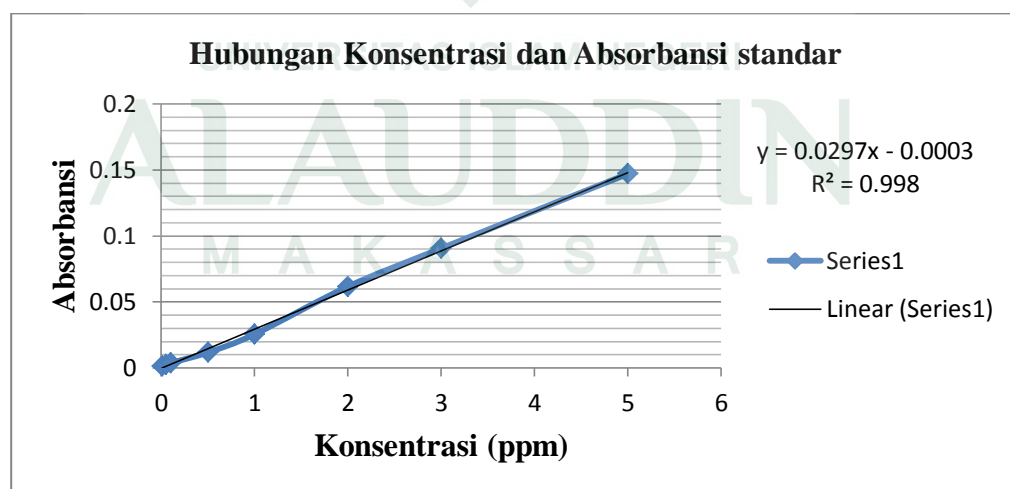
#### Lampiran 4. Data Standarisasi

##### a. Tabel

**Tabel 1.** Hubungan Konsentrasi Dengan Absorbansi Standar

No	Konsentrasi (x) (ppm)	Absorbansi (y) (ppm)	$x^2$	$y^2$	xy
1.	0	0	0	0	0
2.	0,01	0,0012	0,0001	0,00000144	0,000012
3.	0,05	0,0023	0,0025	0,00000529	0,000115
4.	0,1	0,0037	0,01	0,00001369	0,00037
5.	0,5	0,0117	0,25	0,00013689	0,00585
6.	1	0,0254	1	0,00064516	0,0254
7.	2	0,0613	4	0,00379456	0,1232
8.	3	0,0905	9	0,00819025	0,2715
9.	5	0,1469	25	0,02157961	0,7345
n=9	$\Sigma x=11,66$	$\Sigma y=0,3433$	$\Sigma x^2=39,2626$	$\Sigma y^2=0,0346686$	$\Sigma xy=1,160947$

##### b. Grafik



**Grafik 1.** Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi Larutan Standar ( $\lambda = 324 \text{ nm}$ )

**c. Persamaan Garis Linear**

$$y = a + bx$$

Nilai b:

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(9 \times 1,160947) - (11,66 \times 0,3433)}{9(39,2626) - (11,66)^2}$$

$$b = \frac{10,448523 - 4,002878}{353,3634 - 135,9556}$$

$$b = \frac{6,445645}{217,4078}$$

$$b = 0,0296$$

Nilai a :

$$a = y_{\text{rata-rata}} - b (x_{\text{rata-rata}})$$

$$a = 0,0381 - 0,0296 (1,2955)$$

$$a = 0,0381 - 0,0383$$

$$a = -0,0002$$

Jadi persamaan linear yang diperoleh adalah:

$$y = a + bx$$

$$y = -0,0002 + 0,0296x$$

keterangan:

y : absorbansi sampel

x : konsentrasi kromium (Cr)

Persamaan Regresi:

$$R^2 = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2) ((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}}$$

$$R^2 = \frac{9 (1,160947) - ((11,66) - (0,3433))}{\sqrt{((9 (39,2626)) - (11,66)^2) ((9 (0,03436686)) - (0,3433)^2)}}$$

$$R^2 = \frac{10,448523 - 4,002878}{\sqrt{((353,3634) - (135,9556)) ((0,30930174) - (0,11785489))}}$$

$$R^2 = \frac{6,445645}{\sqrt{(217,4078)(0,19144685)}}$$

$$R^2 = \frac{6,445645}{6,451514}$$

$$R^2 = 0,999$$

**Lampiran 5. Data Penentuan Kadar Awal Kromium pada Limbah Cair Sablon dan Biomassa Daun Eceng Gondok**

**a. Tabel**

**Tabel 1.** Kadar kromium pada limbah, biomassa dan absorbansi standar ( $\lambda = 324 \text{ nm}$ )

Sampel	Absorbansi (y)
Limbah cair sablon	0,13

**b. Penentuan konsentrasi kromium pada limbah cair sablon**

Berdasarkan persamaan linear standarisasi, maka konsentrasi awal kromium adalah :

$$y = a + bx$$

$$x = \frac{y-a}{b}$$

$$x = \frac{0,13 - (-0,0002)}{0,0296}$$

$$x = \frac{0,1302}{0,0296}$$

$$x = 4,3986 \text{ mg/L}$$



## Lampiran 6. Data penentuan waktu kontak optimum

### a. Tabel

**Tabel 1.** Waktu Kontak dan Absorbansi Standar panjang gelombang ( $\lambda$ ) 324,7 nm

No	Waktu Kontak (menit)	Absorbansi (y)
1.	60	0,122
2.	90	0,106
3.	120	0,092
4.	150	0,077
5.	180	0,095

### b. Konsentrasi sisa kromium dalam sampel

Waktu kontak 60 menit

$$y = a + bx$$

$$x = \frac{y-a}{b}$$

$$x = \frac{0,122 - (-0,0002)}{0,0296}$$

$$x = \frac{0,1222}{0,0296}$$

$$x = 4,1283 \text{ ppm}$$

**c. Kapasitas adsorpsi untuk setiap parameter waktu kontak**

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

keterangan:

$q_e$  : kapasitas adsorpsi (mg/g)

$C_o$  : konsentrasi awal (mg/L)

$C_e$  : konsentrasi sisa (mg/L)

$V$  : volume larutan (L)

$W_a$  : berat biomassa (gram)

Waktu kontak 60 menit

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

$$q_e = \frac{(4,3986 - 4,1283) \text{ mg/L} \cdot 0,025 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$q_e = 0,0135 \text{ mg/g}$$

**d. Efektivitas Penyerapan (%)**

$$Ef = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan:

$Ef$  : Efisiensi penyerapan (%)

$C_o$  : konsentrasi awal (mg/L)

$C_e$  : konsentrasi sisa (mg/L)

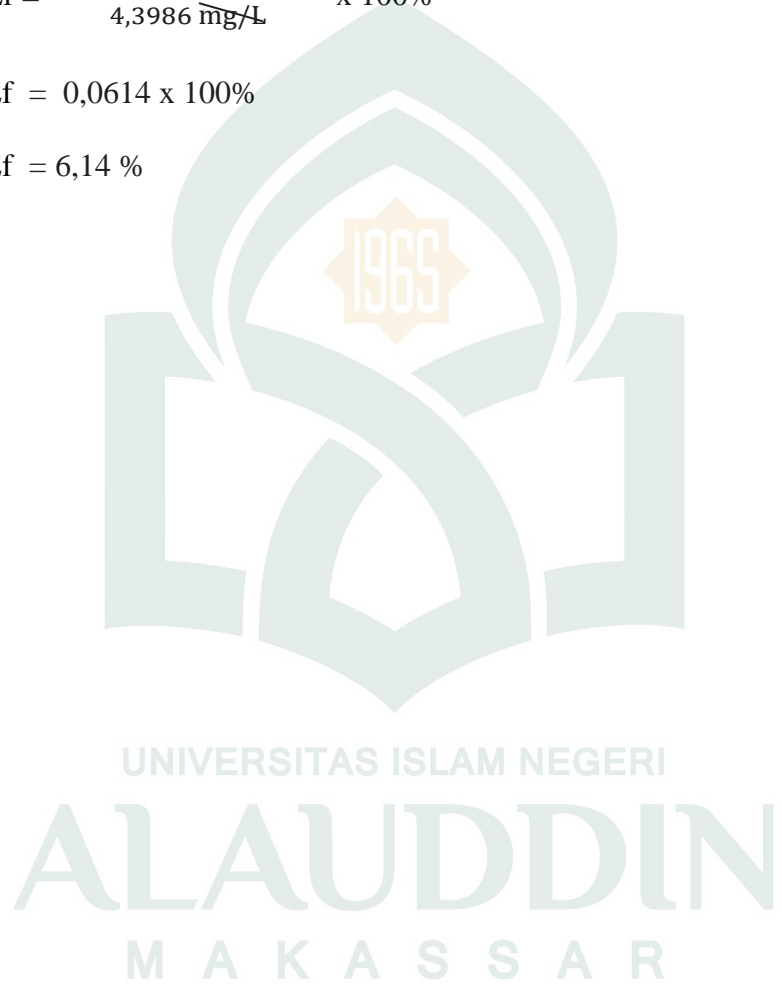
Waktu kontak 60 menit

$$Ef = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

$$Ef = \frac{(4,3986 - 4,1283) \text{ mg/L}}{4,3986 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$Ef = 0,0614 \times 100\%$$

$$Ef = 6,14 \%$$



## Lampiran 7. Data penentuan berat biomassa (adsorben optimum)

### a. Tabel

**Tabel 1.** Berat Biomassa (Adsorben) dan absorbansi standar ( $\lambda = 324,7 \text{ nm}$ )

No	Berat Biomassa (Adsorben) (gram)	Absorbansi (y)
1.	0,5	0,069
2.	1,0	0,063
3.	1,5	0,073

### b. Konsentrasi sisa kromium dalam sampel

1. Berat biomassa 0,5 gram

$$y = a + bx$$

$$x = \frac{y-a}{b}$$

$$x = \frac{0,069 - (-0,0002)}{0,0296}$$

$$x = \frac{0,0692}{0,0296}$$

$$x = 2,3378 \text{ ppm}$$

### c. Kapasitas adsorpsi untuk setiap parameter berat adsorben

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

keterangan:

$q_e$  : kapasitas adsorpsi (mg/g)

$C_o$  : konsentrasi awal (mg/L)

$C_e$  : konsentrasi sisa (mg/L)

$V$  : volume larutan (L)

$W_a$  : berat biomassa (gram)

1. Berat biomassa 0,5 gram

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a}$$

$$q_e = \frac{(4,3986 - 2,3378) \text{ mg/L} \cdot 0,025 \text{ L}}{0,5 \text{ gram}}$$

$$q_e = 0,1030 \text{ mg/g}$$

**d. Efektivitas Penyerapan (%)**

$$Ef = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan:

$Ef$  : Efisiensi penyerapan (%)

$C_o$  : konsentrasi awal (mg/L)

$C_e$  : konsentrasi sisa (mg/L)

Berat biomassa 0,5 gram

$$Ef = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\%$$

$$Ef = \frac{(4,3986 - 2,3378) \text{ mg/L}}{4,3986 \text{ mg/L}} \times 100\%$$

$$Ef = 0,4685 \times 100\%$$

$$Ef = 46,85 \%$$

## Lampiran 8. Perhitungan Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

### a. Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{X_m K} + \frac{1}{X_m}$$

Diketahui;

$$y = 3549x - 0,491$$

Maka;

$$ax \text{ (slope)} = \frac{1}{X_m}$$

$$\frac{1}{X_m} = 35649$$

$$X_m = 2,80 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

$$b \text{ (intersep)} = \frac{1}{X_m K}$$

maka;

$$\frac{1}{X_m K} = -0,491$$

$$K = \frac{1}{(-0,491)(2,80 \times 10^{-5})}$$

$$= -7.692,307$$

**b. Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich**

$$\text{Log } Q_e = \text{Log } K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Diketahui:

$$y = 1,0939x + 0,7157$$

Maka;

$$ax \text{ (slope)} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{1,0939}$$

$$n = 0,91416 \text{ mol/g}$$

$$b \text{ (intersep)} = \text{Log } K_f$$

maka;

$$\text{Log } K_f = 0,7157$$

$$K_f = 0,14526$$



## Lampiran 9. Dokumentasi penelitian

### a. Preparasi sampel



Pengambilan daun tanaman eceng gondok



Limbah cair sablon

### b. Pembuatan biomassa daun eceng gondok



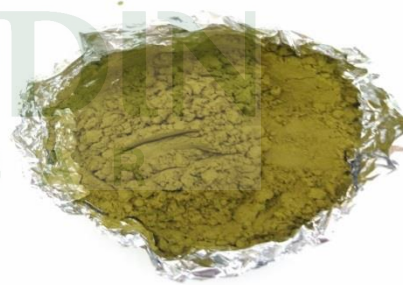
Daun eceng gondok



Potong kecil dan diangin-anginkan



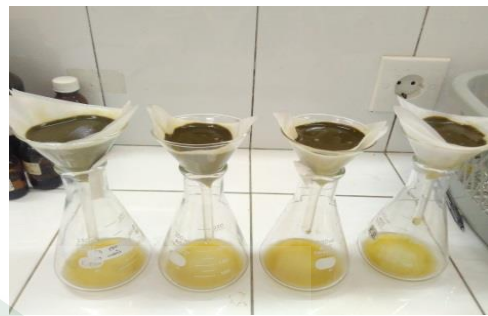
Setelah dioven suhu 110°C



Setelah di ayak ukuran 120 mesh



Pengaktivasian dengan HCL 0,01 M  
dan di shaker



Penyaringan



Perendaman kembali dengan akuades dan  
Dishaker



Penyaringan kembali



Pengukuran pH



Pengecekan bebas Cl dengan  
reagen  $\text{AgNO}_3$

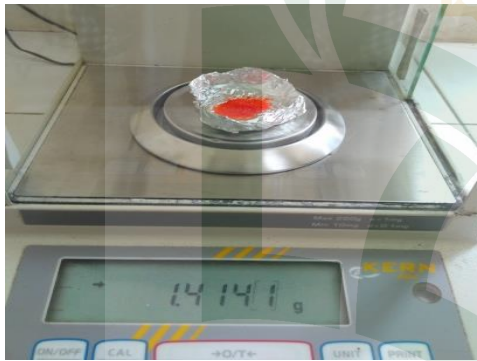


Pengovenan suhu 50-60°C



Biomassa terktivasi

### c. Pembuatan deret standar



Penimbangan padatan kromium



Pembuatan larutan induk Cr(VI) 1000 ppm



Pembuatan larutan induk Cr(VI) 100 ppm



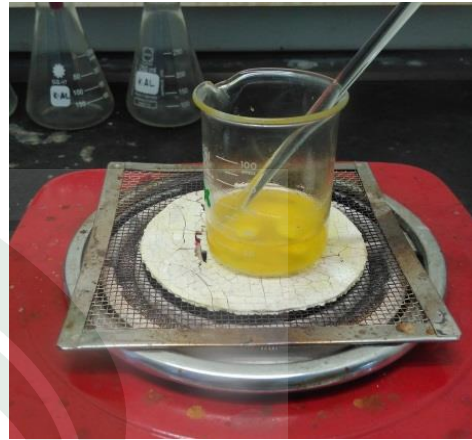
Pembuatan larutan standar



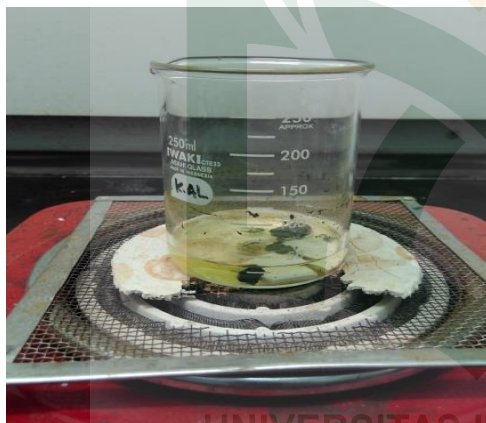
d. Penentuan kadar awal kromium pada biomassa dan limbah cair sablon



Penimbangan biomassa



Destruksi



Destruksi limbah



Larutan siap analisis

e. Penentuan waktu kontak dan berat biomassa optimum



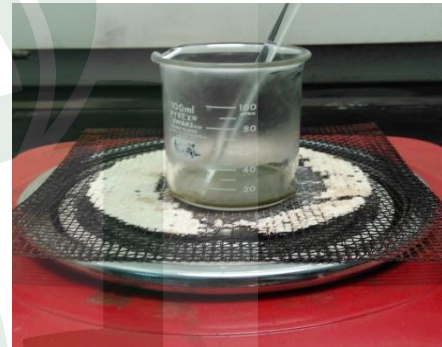
Penimbangan



Limbah



Pengocokan dengan shaker



Destruksi



Penyaringan



Larutsan siap analisis